

BEITRÄGE ZUR MORPHOLOGIE UND HYDROLOGIE DES VAL VERZASCA

Inauguraldissertation der philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern
zur Erlangung der Doktorwürde vorgelegt von

ERNST GRÜTTER von Rüegsau BE

Von der philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät auf Antrag des
Herrn Prof. Dr. F. Gygax angenommen

Bern, den 18. Mai 1966

Der Dekan: Prof. Dr. W. Nabholz

Mit Subvention der Stiftung Dr. Joachim de Giacomi der Schweizerischen
Naturforschenden Gesellschaft gedruckt

Erscheint als Nr. 15 der «Beiträge zur Geologie der Schweiz — Hydrologie»

Herausgegeben von der Schweizerischen Geotechnischen Kommission und der Hydrologischen
Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft

Kommissionsverlag: Geographischer Verlag Kümmerly & Frey, Bern

M. Kündig, Buchdruckerei und Colorverlag Zug — 1967

BEITRÄGE ZUR MORPHOLOGIE UND HYDROLOGIE DES VAL VERZASCA



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546623_0054

BEITRÄGE ZUR MORPHOLOGIE UND HYDROLOGIE DES VAL VERZASCA

Inauguraldissertation der philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern
zur Erlangung der Doktorwürde vorgelegt von

ERNST GRÜTTER von Rüegsau BE

Von der philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät auf Antrag des
Herrn Prof. Dr. F. Gygax angenommen

Bern, den 18. Mai 1966

Der Dekan: Prof. Dr. W. Nabholz

Mit Subvention der Stiftung Dr. Joachim de Giacomi der Schweizerischen
Naturforschenden Gesellschaft gedruckt

Erscheint als Nr. 15 der «Beiträge zur Geologie der Schweiz — Hydrologie»

Herausgegeben von der Schweizerischen Geotechnischen Kommission und der Hydrologischen
Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft

Kommissionsverlag: Geographischer Verlag Kümmerly & Frey, Bern

M. Kündig, Buchdruckerei und Colorverlag Zug — 1967

VORWORT

des Verfassers

Mit den vorliegenden Untersuchungen wurde im Sommer 1956 begonnen. Meine Berufstätigkeit, die Zweispurigkeit der Arbeit, und die Größe und Unzugänglichkeit des Gebietes wirkten sich verzögernd aus. Die Aufenthalte im Val Verzasca schenkten mir aber eine Fülle von unvergeßlichen Eindrücken und großen persönlichen Gewinn.

Meinem Lehrer, Herrn Professor Dr. F. Gyax, bin ich für seine vielen Anregungen, für seinen persönlichen Einsatz, dem es zu verdanken ist, daß die hydrologischen Messungen seit 1956 lückenlos durchgeführt werden konnten und für seine Freiheit, die er mir bei der Gestaltung der Arbeit ließ, zu großem Dank verpflichtet.

Weiter möchte ich Herrn Professor Dr. Ed. Wenk für seine geologischen und morphologischen Hinweise bestens danken.

Die Hydrologische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft hat sich zusammen mit der Schweizerischen Geotechnischen Kommission bereit erklärt, die Arbeit in die Reihe ihrer Beiträge aufzunehmen. Den beiden genannten Kommissionen danke ich bestens für ihr Entgegenkommen und für ihre Hilfe.

Ebenso gilt mein bester und verbindlichster Dank der Stiftung Dr. Joachim de Giacomi der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft und der Direktion des Kraftwerkes Verzasca SA, Lugano, für ihre Beiträge an die Druckkosten, ohne die die Ausstattung der Arbeit mit den zahlreichen Abbildungen und Figuren nicht möglich gewesen wäre.

Ferner danke ich allen, die sich immer wieder für Trägerdienste und Meßarbeit zur Verfügung gestellt haben, insbesondere den Herren W. Oetiker, F. Fankhauser und A. Nafzger.

W. Oetiker danke ich ebenfalls für die Mithilfe bei der Korrektur des Manuskriptes.

In der Einleitung zum zweiten Teil sind alle die Stellen erwähnt, die die hydrologischen Messungen finanziell unterstützten.

Es bleibt noch, der Bevölkerung des Val Verzasca, und hier besonders der Familie Luchessa in Lavertezzo, für ihr stets freundliches Interesse an meiner Arbeit zu danken.

Besonderer Dank gebührt auch meiner Frau für ihre Mithilfe bei der Korrektur des Manuskriptes, für ihre immerwährende Anteilnahme und ihr großes Verständnis für meine Arbeit.

Inhaltsverzeichnis

ERSTER TEIL: MORPHOLOGIE

1. Allgemeiner Ueberblick über das Untersuchungsgebiet	13
1.1. Lage, Größe und Gliederung des Untersuchungsgebietes	13
1.2. Topographisches Kartenmaterial	15
1.3. Geologie und Tektonik	15
1.3.1. Der Maggia-Komplex	15
1.3.2. Der Tessin-Komplex	16
1.3.3. Die mesozoischen Deckenscheider	16
1.4. Geologische Karten und Beschreibungen	16
2. Ergebnisse bisheriger morphologischer Arbeiten im Untersuchungsgebiet	17
3. Morphometrie	17
3.1. Die Vertikalgliederung des Untersuchungsgebietes	17
3.2. Orometrische Werte	20
4. Die drei großen morphologischen Teile	20
5. Die Region der Gipfel und Gräte	20
5.1. Zum Problem der Gipfelflur	20
5.2. Die Morphologie der Gratregion	22
5.2.1. Die rezenten Wasserscheiden	22
5.2.2. Postglaziale Verwitterungs- und Abtragungsvorgänge	25
6. Die Zone der großen Verflachungen	26
6.1. Die vertikale Gliederung der Hochflächen	26
6.2. Die Seen der Hochflächen	26
6.3. Blockströme	28
7. Der Taltrog	30
7.1. Das Talgehänge	30
7.1.1. Böschungsverhältnisse	30
7.1.2. Wirkungen der Glazialerosion	30
7.1.3. Massenbewegungen	32
7.1.4. Wichtige Störungslinien	35
7.2. Die Talböden	40
7.2.1. Akkumulation	40
7.2.2. Erosion	41
8. Beiträge zur Talgeschichte	41
8.1. Das Primärrelief	41
8.2. Die Zeit der großen Verflachungen	41
8.3. Die Periode der Uebertiefung	42
8.3.1. Bruch- und Kluftzonen	43
8.3.2. Brüche und Uebertiefung	44
8.4. Die postglazialen Vorgänge	45
8.5. Uebersicht über die Talgeschichte	45
9. Zusammenfassung der Ergebnisse	45

ZWEITER TEIL: HYDROLOGIE

1. Einleitung	51
1.1. Allgemeines	51
1.1.1. Niederschläge	51
1.1.2. Abfluß	51
1.2. Flüsse und Seen	51
1.3. Das hydrologische Jahr	52
1.4. Statistische Methoden	52
2. Niederschlag	52
2.1. Die Niederschlags-Stationen und ihre Bedienung	52
2.2. Das Netz der Stationen	54
2.3. Technische Mängel und Fehlerquellen	54
2.4. Die Niederschlagsmessungen im Winterhalbjahr	54
2.5. Die Auswertung der Niederschlags-Resultate	56
2.5.1. Die Meßperiode	56
2.5.2. Die Niederschlags-Karte	56
2.5.3. Die mittleren Jahressummen des Niederschlages	57
2.5.4. Die Schwankungen zwischen den jährlichen Maxima und Minima	57
2.6. Die räumliche Verteilung der Niederschläge	57
2.7. Die zeitliche Verteilung der Niederschläge	61
2.7.1. Die monatliche Verteilung der Niederschläge	61
2.7.2. Einzelniederschläge	65
3. Abfluß	68
3.1. Allgemeines	68
3.2. Die jährlichen Abfluß-Werte	70
3.2.1. Die Abfluß-Station Corippo	70
3.2.2. Die Stationen der Quell- und Nebenflüsse	71
3.3. Die monatlichen Abfluß-Werte	72
3.3.1. Das absolute Maximum im Mai / Juni	72
3.3.2. Das absolute Minimum im Januar / Februar	72
3.4. Die Schwankungen im Abfluß-Geschehen	73
3.4.1. Die jährlichen Schwankungen	73
3.4.2. Die monatlichen Schwankungen	73
3.4.3. Die täglichen Schwankungen	74
3.5. Die Dauerlinien	78
3.6. Zusammenfassende Charakteristik des Abflusses	78
4. Beziehungen zwischen Niederschlag und Abfluß	80
4.1. Die Jahreswerte von Niederschlag und Abfluß	80
4.2. Die monatlichen Beziehungen	81
4.3. Die Beziehungen zwischen Winterniederschlag und Sommerabfluß	83
4.4. Beziehungen zwischen einzelnen isolierten Niederschlägen und den dazu gehörenden Abfluß-Spitzen	83
4.4.1. Niederschlag und Abfluß	85
4.4.2. Abhängigkeit zwischen Abfluß-Koeffizient und Sättigungsgrad des Bodens	86
5. Zusammenfassung der Ergebnisse	87
LITERATURVERZEICHNIS	89
CURRICULUM VITAE	92

ERSTER TEIL

MORPHOLOGIE

I. Allgemeiner Überblick über das Untersuchungsgebiet

1.1. Lage, Größe und Gliederung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet umfaßt das gesamte Einzugsgebiet der Verzasca. Es liegt als selbständiges Tal zwischen den folgenden Talgebieten des unteren Sopra Ceneri:

- Im W Valle Maggia
- Im N Val di Prato — Val di Chironico
- Im E Valle Leventina — Riviera
- Im S Piano di Magadino

Das Val Verzasca ist als NW-SE-Tal, parallel zum Maggia- und Tessintal, jedoch steiler als diese, in die Südabdachung der Alpen eingesenkt (Karte 1 und Figur 1). Rund 5 km E Locarno mündet es in einer Klammer in die Magadinoebene und damit in den Langensee. Die Verzasca ist dem Tessin und dadurch dem Po tributär.

Die Begrenzung des Untersuchungsgebietes ist eine natürliche. Die Grenzkämme zu den erwähnten angrenzenden Talgebieten bilden die Wasserscheide:

Monti di Lego — P. Trosa — P. Orgnana — Madone di Giove — P. delle Pecore — Monte Zuccherro — Corona di Redorta — P. Barone — Cima Bianca — P. Cramosino — Cima di Gagnone — Pn. dei Laghetti — Cima di Sassello — Monti di Motti.

Ins Untersuchungsgebiet nicht einbezogen ist der Hang gegen die Piano di Magadino E der Mündung und das Val Resa W der Mündung.

Der W Punkt des Gebietes ist der P. delle Pecore (696/131), der N der P. Barone (700/140), der E der Sattel W Cima dell'Uomo (715/121) und der S die Mündungsschlucht (709/116). Das Haupttal von Gordola bis Sonogno mißt 25,5 km, dessen Fortsetzung im Val Vogornesso noch 9,5 km, was einer Gesamtlänge von ca. 35 km entspricht.

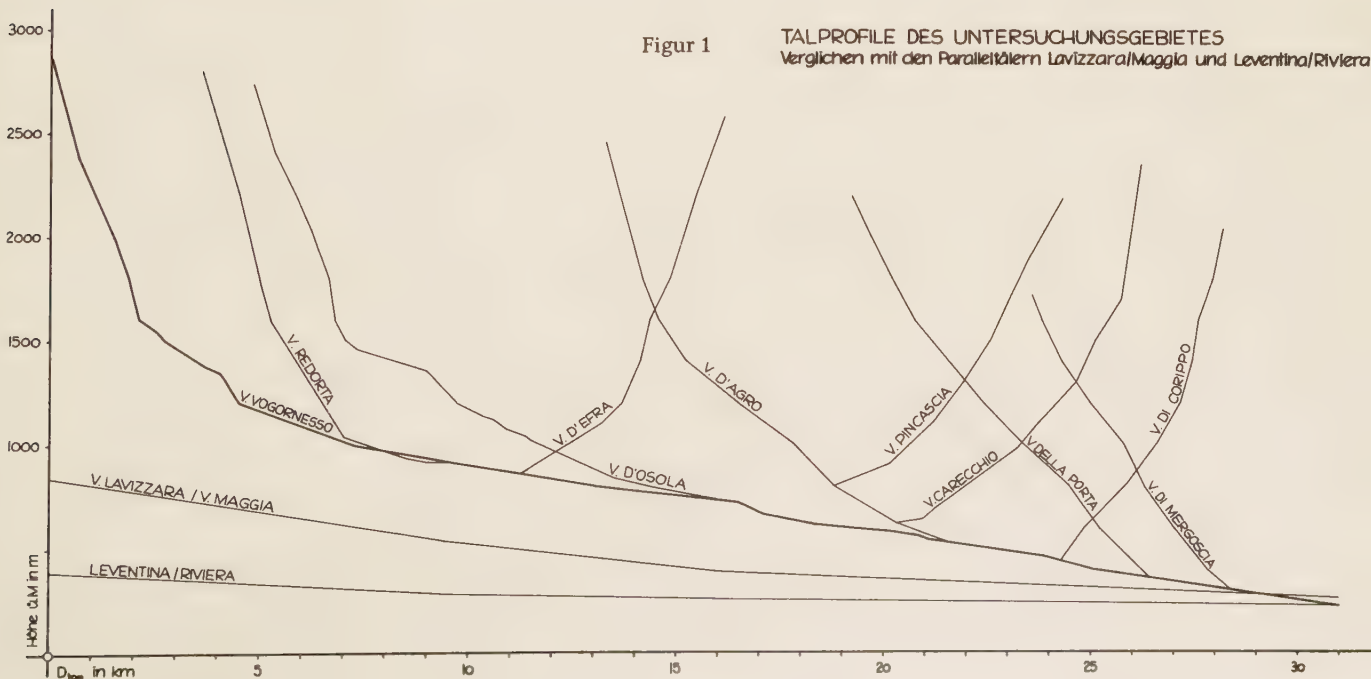
Ist das Haupttal in seiner Hauptrichtung ein NW-SE-Tal, so sind die Nebentäler fast ausnahmslos E-W gerichtet; dies gilt vorab für die Täler im S Teil: Valle di Mergoscia, Valle di Corippo; Valle della Cazza, La Valle, Val della Porta.

Die drei Lavertezzo-Täler Val d'Agro, Val Pincascia und Val Carecchio divergieren gegen E in NNE, NE und SE Richtung.

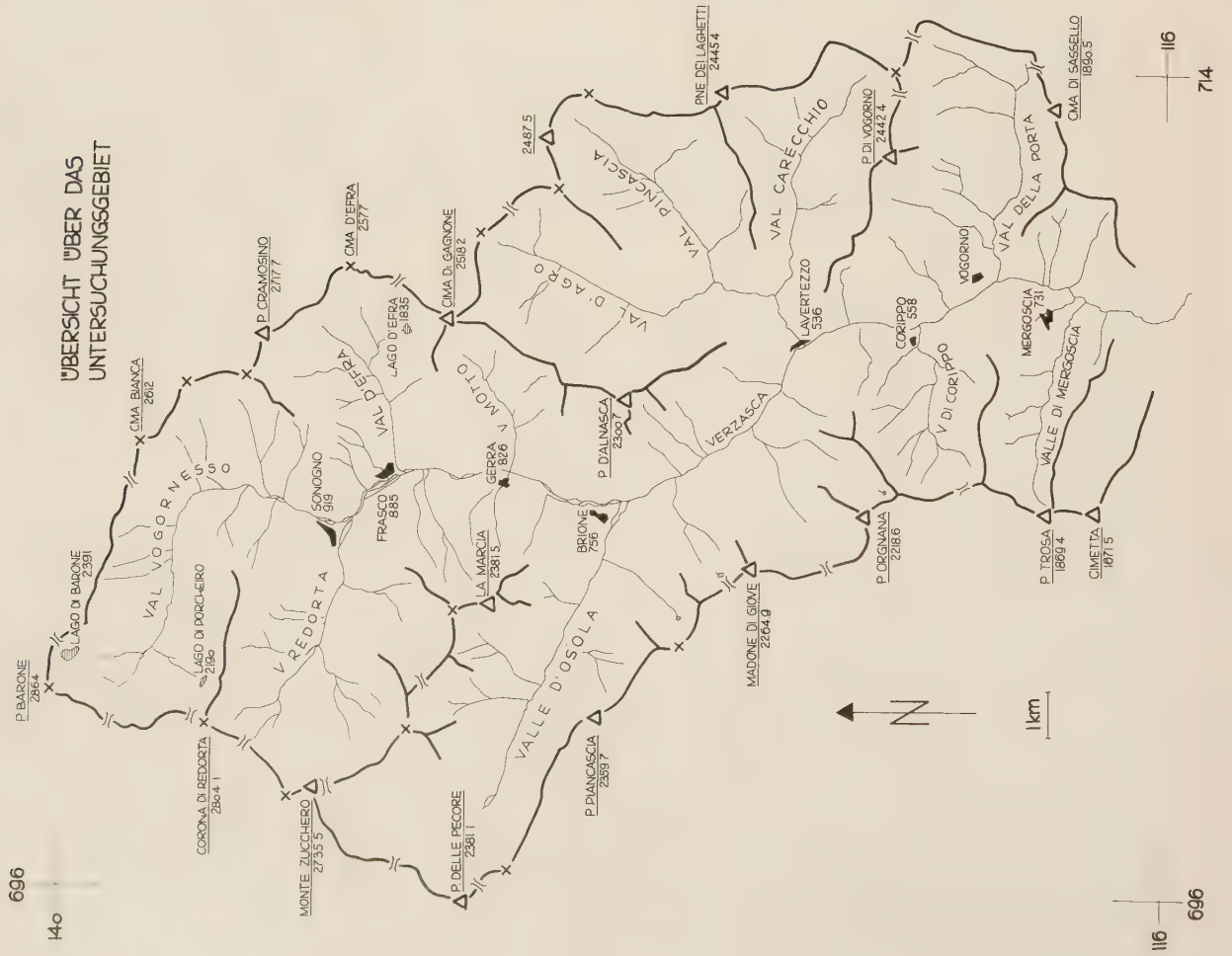
Bei Brione mündet aus NW das Valle d'Osola, dessen Talabschluß nach N abgebogen ist, ins Haupttal.

Das Val Motto, das Val d'Efra, das Val Redorta und z. T. auch das Val Vogornesso, besitzen wieder eine ausgeprägtere E-W-Richtung.

Die kleinen Hängetälchen auf der W-Seite des Haupttals, N Lavertezzo, mit Mündungsstufen bis gegen 1000 m, sind von untergeordneter Bedeutung und werden deshalb zum Gehänge des Haupttals gerechnet.



Karte 1



Karte 2



1.2. *Topographisches Kartenmaterial*

Als topographische Karten dienen die folgenden Blätter der neuen Landeskarte der Schweiz:

LK 1 : 25 000	Blatt 1312	Locarno
	Blatt 1313	Bellinzona
LK 1 : 50 000	Blatt 266	V. Leventina
	Blatt 276	V. Verzasca

Zur Kartierung wurde eine Zusammensetzung und Vergrößerung 1 : 25 000 der erwähnten Blätter 266 und 276 verwendet. Bei der Namengebung beschränken wir uns, wenn immer möglich, auf die auf der LK 1 : 50 000 angegebenen Bezeichnungen. Außer der Verzasca selber sind die Bäche unbenannt, von den Einheimischen werden sie mit Ri oder Riale des betreffenden Einzugsgebietes, also Riale d'Osola, Riale di Pincascia usw., bezeichnet. Wir halten uns ebenfalls an diese Bezeichnungen der Bäche.

1.3. *Geologie und Tektonik*

Karte 2

Unser Untersuchungsgebiet liegt am S-Rand des Gebirges, das sich zwischen der Piano di Magadino und dem Lago Maggiore einerseits und dem Gotthard-Massiv anderseits ausdehnt. Zwei tektonische Elemente der lepontinischen Gneisregion sind am Aufbau des Gebietes beteiligt:

— *Maggia-Komplex*: er bildet im Untersuchungsgebiet, zwischen der Tosa- und Tessin-Kulmination, eine quer zum Alpenbogen verlaufende Steilzone. Ein Deckencharakter läßt sich hier nicht nachweisen: *Maggia-Querzone*, *Maggia-Stiel*.

Gegen S und SE biegt die Zone in den allgemeinen W-E-Zonenverlauf ein und ist dort mit dem Cima-Lunga-Lappen verbunden, der gegen N eine flachliegende Deckenmulde bildet.

— *Tessin-Komplex*: tektonisch tiefer = unterpenninisch.

Der Tessin-Komplex ist eine Kulminationszone, in der im Tessintal die tiefsten tektonischen Elemente der Schweizeralpen zutage treten und deren höhere Teile im Verzasca-Tal nachweisbar Decken bilden (*Verzasca-Gneis*, *Verzasca-Decke*).

Diese beiden, alpin-metamorphen, vorwiegend aus praetriadischem Gesteinsmaterial hervorgegangenen Komplexe sind durch Zonen mesozoischer Leitgesteine (*Deckenscheider*) getrennt. Die durch das Mineralogisch-Petrographische Institut der Universität Bern bestimmten Isotopenalter der Glimmer entsprechen durchwegs dem Tertiär (JÄGER, 39).

1.3.1. *Der Maggia-Komplex*

Maggia-Querzone

Sie berührt im N mit steil E fallenden Gesteinskomplexen (mässiger bis parallel texturierter Cocco-Quarzdiorit bis Granodiorit, E davon Ruscada-Gneis) das Valle d'Osola. In einem weitgespannten, nach W ausholenden Bogen, im Mittelstück saiger stehend, gegen S mit SW- bis S-Fallen, zuerst nur den Grenzkamm zwischen Valle Maggia und Val Verzasca bildend, biegt der ganze Komplex mit leichtem, gegen S bis SE gerichtetem Achsialgefälle gegen die Mündungsschlucht zu, wo der Uebergang zum Cima Lunga-Lappen vollzogen wird. Cocco-Quarzdiorit (*Cocco-Gneis*) und Ruscada-Gneis (in seiner typischen Ausbildung ein grauer, mittelkörniger, dickbankiger Zweiglimmergneis), bilden zusammen den Kernkörper des Maggiastiels. Die sie umgebende Hüllmasse aus Paragesteinen wird von E her von den tafelförmigen, gegen W Stirnumbiegungen zeigenden Lappen des Tessin-Komplexes überlagert: Monte Zuccherro, Pizzo Rasia, Pizzo Piancascia.

Vogorno-Decke

E der Mündungsschlucht, als Forstsetzung des Maggiastiels, stehen E-W-streichende, saiger stehende Gesteinsschichten, die sich gegen N (P. di Vogorno — Pne. Rosso — Cima di Bri —

Cima di Rierna — Cima di Gagnone — Cima d'Efra) als oberstes Element allmählich flach legen. Die Achsen streichen auch hier gegen S bis SE und zeigen in dieser Richtung ein leichtes Achsialgefälle. Die Vogornodecke ist gegen den liegenden Tessin-Komplex durch mesozoisches Muldengestein überall deutlich abgetrennt.

1.3.2. *Der Tessin-Komplex*

Aus dem Tessin-Komplex ist der restliche, größere Teil des Val Verzasca aufgebaut. Der mehr oder weniger horizontal gelagerte Decken-Komplex wird im S und E von den Teil-Lappen des Maggia-Komplexes überdeckt.

Die höheren Teile des Tessin-Komplexes bestehen aus deckenartigen Kernkörpern und Hüllmassen. Beide sind oft intensiv miteinander verfault.

Zu den Kernkörpern zählen:

- Verzasca-Gneis: in zwei Varietäten (massig oder gneisig-plattig), die ineinander übergehen, vorkommend. In bezug auf ihre stoffliche Zusammensetzung besitzen sie charakteristische Merkmale, daher wurden sie auch mit dem Lokalnamen «Verzasca-Gneis» bedacht. Am P. d'Alasca und M. di Giove sind sie über 1000 m mächtig.
- Augengneise: in verschiedenen tektonischen Niveaus treten Zweiglimmer-Alkalifeldspat-Augengneise auf: Val Redorta, Val Vogornesso, Cima di Gagnone, Pizzo Rasia; ebenfalls mit ähnlichen Mächtigkeiten.

Die Hüllmassen sind biotitreiche Bändergneise und Glimmerschiefer. Diese sedimentogenen Gesteine bilden mit den Kernkörpern oft in sich geschlossene Deckfalten mit Stirnumbiegungen, tafelförmigen Scheitelregionen und Wurzelstielen. Die Komplexe bilden in tektonischer Hinsicht ein unteilbares Ganzes.

1.3.3. *Die mesozoischen Deckenscheider*

Die beiden Komplexe lassen sich durch schmale und oft lückenhafte Zonen mit alpin-metamorphen mesozoischen Karbonatgesteinen und Ophiolithen trennen:

Tessin-Komplex — Cima Lunga Lappen

«Das Mesozoikum läßt sich von Castione im Tessintal her über die Wasserscheide Leventina-Verzasca hinüber, an Alpe Fumegna, Alpe Cornavosa und Monte Eos vorbei, bis in den W-Grat des Pizzo di Vogorno verfolgen. Auf Alpe di Bardugaro und Monti di Odro, am SW-Hang des Pizzo di Vogorno sind noch Linsen von Olivin-, Strahlstein- und Talkfels vorhanden. In topographisch tieferer Lage, zwischen den Dörfern Vogorno und San Bartolomeo treten in der gleichen Zone nur noch Amphibolithe, Hornblendeschiefer, Biotit-schiefergneis und Quarzite auf. Sie markieren auch hier die Grenzzone zwischen Verzasca-Gneis und Vogorno-Gneis.» (WENK, 72).

Tessin Komplex — Maggia-Querzone

«Sie kann weiter gegen NW über die Alpe di Giove, Alpe Cima il Motto, Pizzo Piancascia bis ins obere Valle d'Osola verfolgt werden. Hier steht sie im Zusammenhang mit den südlichen Ausläufern des Pertusio-Muldenzuges.» (WENK, 72).

1.4. *Geologische Karten und Beschreibungen*

Ueber das Val Verzasca gibt es im Moment keine neuere geologische Spezialkarte. Wir stützen uns hier vor allem auf die «Geologische Beschreibung der Tessiner Alpen zwischen Maggia- und Bleniotal» von NIGGLI, PREISWERK, GRÜTTER, BOSSARD und KÜNDIG (51) und die dazugehörige geologische Karte.

Prof. WENKs «Prinzipielles zur geologisch-tektonischen Gliederung des Penninikums im zentralen Tessin» (72) und seine mündlichen Hinweise, die hier nochmals bestens verdankt seien, gaben uns wertvolle Einblicke in die neuesten Forschungsergebnisse in unserem Gebiet.

2. Ergebnisse bisheriger morphologischer Arbeiten im Untersuchungsgebiet

GYGAX (31), wie vor ihm bereits LAUTENSACH (43) in weniger ausführlicher Begründung, stellte in seinem «Beitrag zur Morphologie der Valle Verzasca» im wesentlichen folgendes fest:

- Glazial bedingte Formen: halbkreisförmige Trogschlüsse, tiefe Trogtäler, beckenförmige Austiefungen des anstehenden Talbodens, Rundhöcker, Schliffborde, Kare.
- Fluvatile Formen: starke Verwitterung in den Gratpartien. Die fließenden Gewässer zeigen eine beträchtliche Abhängigkeit von der Tektonik. V-förmige Talanlagen zahlreicher Bäche; tiefe, schmale, ausgeglichene Mündungsstufen von Seitentälern. Mächtige Bachschuttkegel.
- Das Pettanetto-Niveau war schon in der Praeglazialzeit angelegt. Es wurde während der Dauer der Eiszeit glazial überformt.
- Die Gletschertätigkeit ist verantwortlich für die Eintiefung und die Ausweitung der Talanlagen.
- Zugunsten einer beträchtlichen glazialen Uebertiefung sprechen die vorhandenen Hängetäler.
- Die drei von LAUTENSACH (43) angegebenen Talsysteme (Pettanetto-, Bedretto- und Sobrio-Niveau) lassen sich im Verzascagebiet aus der Unmenge der vielen Einzelformen, insbesondere der Abtragungsformen, mit großer Wahrscheinlichkeit angeben und verfolgen.

KÜNDIG (41) geht in seinen Ergänzungen und Bemerkungen zu der Arbeit von GYGAX (31) «Morphologie, Tektonik und Petrographie» vor allem auf die Zusammenhänge zwischen Talanlage und Tektonik, respektive Lithologie, ein. Er weist am Beispiel des Valle di Mergoscia auf die enge Abhängigkeit der Talbildung und der Talrichtung von spät- bis nachalpinen Störungslinien wie Klüften, Brüchen und Mylonitzonen hin.

3. Morphometrie

3.1. Die Vertikalgliederung des Untersuchungsgebietes

Grundlage für die Berechnung der hypsographischen Kurven bildeten die aus der Landeskarte 1 : 50 000 planimetrisch bestimmten Flächen zwischen den 200 m-Isohypsen. Ungenauigkeiten ergaben sich in den Felsgebieten, wo die Kurven fehlen (Tabelle 1).

Tabelle 1		Vertikalgliederung												
Verzasca														
Höhe über Meer	unter 400	400—600	600—800	800—1000	1000—1200	1200—1400	1400—1600	1600—1800	1800—2000	2000—2200	2200—2400	2400—2600	über 2600	M
Fläche in km ²	0,92	5,54	11,55	20,56	23,10	26,34	30,72	31,19	32,11	25,41	16,40	6,47	0,69	231,0
Anteil in %	0,4	2,4	5,0	8,9	10,0	11,4	13,3	13,5	13,9	11,0	7,1	2,8	0,3	100
Höchster Punkt: P. Barone 2864 m					Tiefster Punkt: Mündungsschlucht ca. 206 m					Mittlere Höhe: 1552 m				

Die hypsographische Kurve des Gesamtgebietes gibt einen guten Einblick in die Vertikalgliederung des Tales (Figur 2). Als Ergänzung ist jeweils noch der Flächenzuwachs pro Höhenstufe angegeben. Aus der Kurve lassen sich drei für unser Untersuchungsgebiet charakteristische Talteile herauslesen:

- 205 — 1200 m: die Kurve verläuft über eine Höhendifferenz von rund 1000 m sehr steil. Das Areal unter 1200 m nimmt nur 26,7% der Gesamtfläche ein. Für das Talbild heißt das, daß das Gebiet unter 1200 m keine bedeutenden Verflachungen aufweist und überall steil sein muß: *steile Wände des Taltroges*.
- 1200 — 2200 m: geringe Neigung der Kurve; großer Flächenanteil: 63,1% der Gesamtfläche. In diesem Bereich liegen offenbar die weiten Flächen mit geringer Steilheit: *Gebiete der großen Verflachungen*.
- 2200 — 2864 m: die starke Abnahme der Flächen zwischen den 200 m-Isotypen in diesem höchsten Bereich unseres Untersuchungsgebietes ist nicht nur auf die steilen Gipfel und Gräte in dieser Region zurückzuführen, sondern auch auf das Ausstreichen der höheren Höhenkurven gegen die Gratränder. Flächenanteil: 10,2%. *Gipfel- und Gratregion*.

Die Dreiteilung in der Vertikalgliederung des Gesamtareals von 231 km² gibt wohl ein Bild, das in groben Zügen allgemein gültig ist. Bei der Betrachtung der hypsographischen Kurven der Seitentäler fällt aber auf, daß die angegebenen Höhenwerte naturgemäß ihre absolute Gültigkeit verlieren (Figuren 3 bis 5).

Für drei typische Nebentäler aus der oberen, mittleren und unteren Verzasca sind die Stufen wie folgt zu fixieren:

Val Redorta

920 — 1600 m:	28,5%
1600 — 2400 m:	64,0%
2400 — 2804 m:	7,5%

Val Pincascia

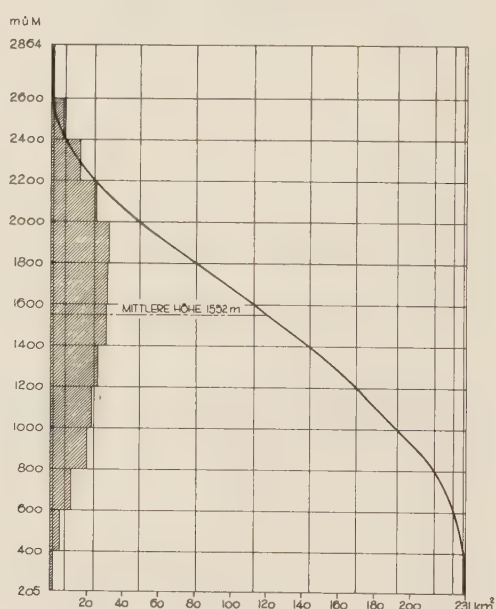
780 — 1400 m:	23,2%
1400 — 2200 m:	69,1%
2200 — 2520 m:	7,7%

Valle di Corippo

380 — 800 m:	10,4%
800 — 1800 m:	78,6%
1800 — 2065 m:	11,0%

Figur 2

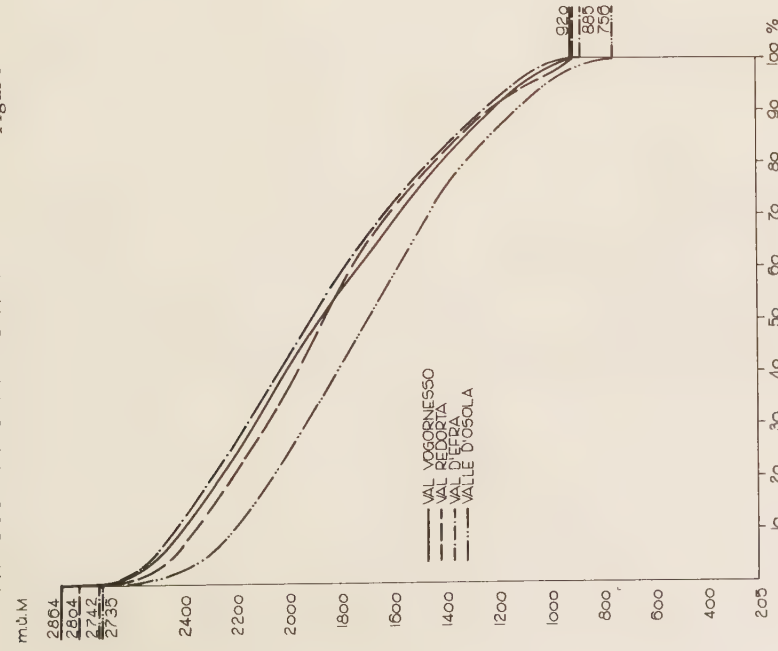
VAL VERZASCA: HYPSOGRAPHISCHE KURVE



In den S Seitentälern der Verzasca geht die Dreiteilung eher in eine Zweiteilung über. Die tektonischen Bauelemente — gegen NE umbiegende, immer flacher werdende Schichtflächen auf der N-Seite der Täler — machen sich in der Vertikalgliederung stärker bemerkbar als die Terrassenformen. Ausgesprochene Gratformen sind hier nicht vorhanden.

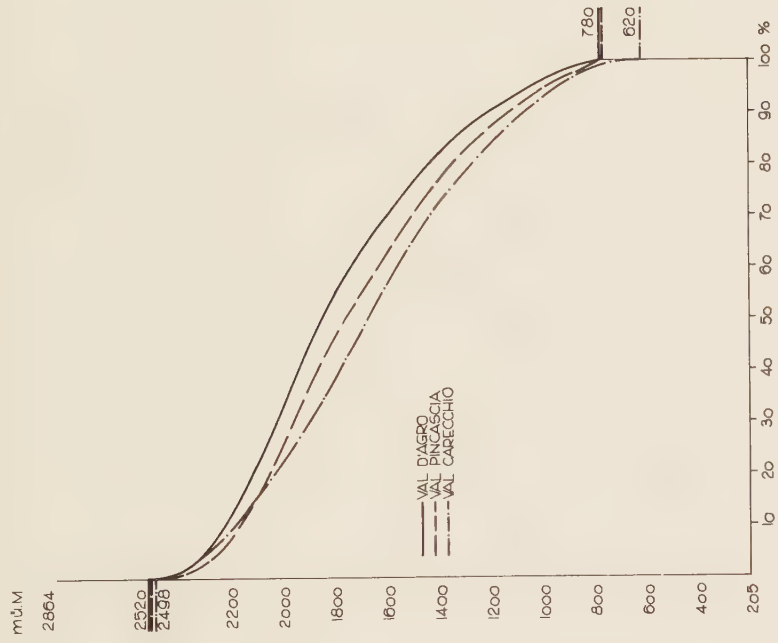
HYPSONGRAPHISCHE KURVEN

Figur 3



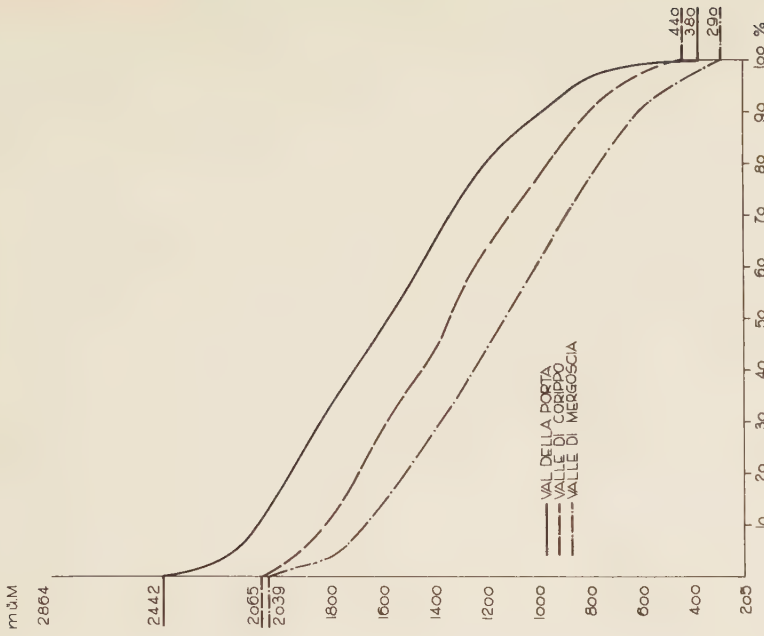
HYPSONGRAPHISCHE KURVEN

Figur 4

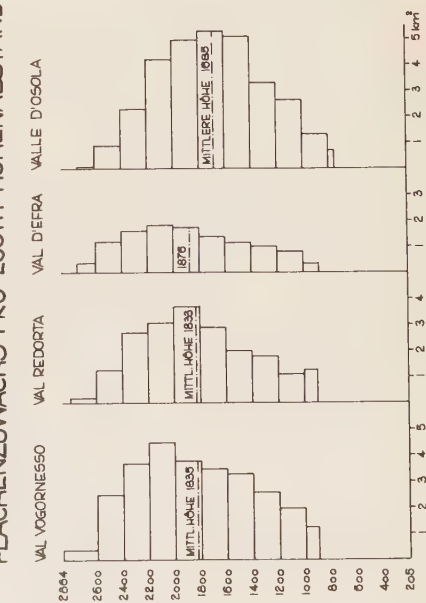


HYPSONGRAPHISCHE KURVEN

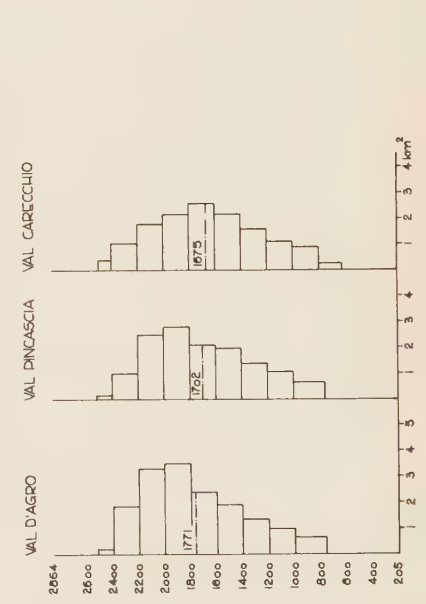
Figur 5



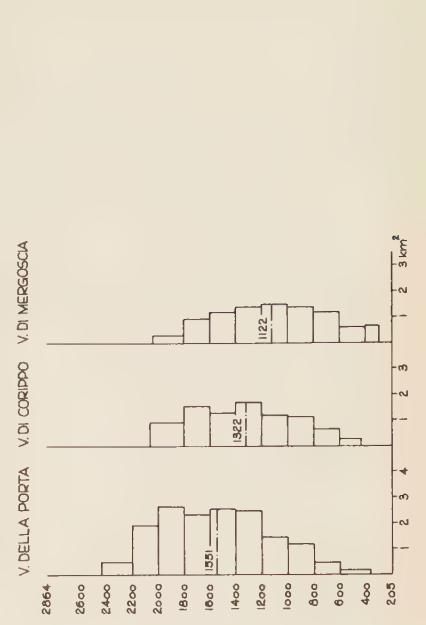
FLÄCHENZUWACHS PRO 200m HÖHENABSTAND



FLÄCHENZUWACHS PRO 200m HÖHENABSTAND



FLÄCHENZUWACHS PRO 200m HÖHENABSTAND



3.2. Orometrische Werte

Tabelle 2
Verzasca Orometrische Werte

Täler	Fläche in km ² ¹⁾	Länge in km	Höchster Punkt der Wasserscheide	Tiefster Punkt ²⁾	Höhen- spannung	Mittlere Höhe ³⁾
Val Verzasca	231,0	30,9	P. Barone 2864	206 m	2658 m	1552 m
Val Vogornesso	26,8	9,4	P. Barone 2864	920 m	1944 m	1835 m
Val Redorta	19,3	5,7	Corona di Redorta 2804,1	920 m	1884,1 m	1883 m
Val d'Efra	11,1	4,3	Made. Grosso 2742	885 m	1857 m	1876 m
Valle d'Osola	30,1	11,2	Monte Zuccherò 2735,5	756 m	1979,5 m	1685 m
Val d'Agro	16,1	5,8	Cima di Bri 2520,5	780 m	1740,5 m	1771 m
Val Pincascia	13,6	5,3	Cima di Bri 2520,5	780 m	1740,5 m	1702 m
Val Carecchio	13,8	6,0	Pne. Piota 2442,4	630 m	1812,4 m	1551 m
Valle di Corippo	8,8	4,1	P. di Corbetta 2065,8	440 m	1625,8 m	1322 m
Valle di Mergoscia	8,9	5,2	Madone 2039,0	290 m	1749,0 m	1122 m

¹⁾ Talweg von der Wasserscheide im Talhintergrund bis zur Mündung gemessen.
²⁾ Mündung des Tales
³⁾ Aus der hypsographischen Kurve bestimmt.

4. Die drei großen morphologischen Teile

Die vertikale Gliederung in drei Hauptteile, wie sie die Morphometrie zeigt, läßt sich im Feld ohne große Schwierigkeiten nachweisen:

- Zone der Gipfel und Gräte: Felsregion von untergeordneter Bedeutung. Sie ist im SW Teil des Val Verzasca kaum vorhanden (Moränenbedeckung z. T. bis in die Gratregion hinauf: Valle di Mergoscia), gegen N aber deutlicher ausgeprägt.
- Zone der großen Verflachungen, mit den ausgedehnten Weideflächen in den unteren Teilen.
- Der Taltrug, mit einem steilen Talgehänge und einem mehr oder weniger breiten Talboden.

Diese Dreiteilung und deren Morphogenese erkannte bereits GYGAX (31, vergleiche Kapitel 2). GYGAX ist in seinem «Beitrag zur Morphologie der Valle Verzasca» auch eingehend auf diese praeglazialen und glazialen Formen eingegangen. Wir möchten daher bei unseren Betrachtungen, die als Ergänzung zur morphologischen Karte (Karte 3) aufzufassen wären, vor allem auf die strukturell bedingten Erscheinungen und die postglazialen Einzelformen eingehen; denn gerade sie sind, besonders im Gebiet der Uebertiefungen, in großer Fülle vorhanden und hier die auffallendsten Elemente.

5. Die Region der Gipfel und Gräte

5.1. Zum Problem der Gipfelflur

Die Wasserscheiden der Verzasca gegen außen (Ticino, Maggia), und diejenigen innerhalb des Einzugsgebietes, sind vor allem im N Teil überall als deutliche Gipfel und Gräte ausgebildet. Gegen S und SW gehen die pyramidenförmigen Gipfel und die mehr oder weniger symmetrischen Gratformen immer mehr in asymmetrische Pultflächen über. Diese, für unser Gebiet typischen Verwitterungsformen der obersten Felsregion sind weitgehend tektonisch bedingt. Im N haben wir im flach liegenden Tessin-Komplex einen Untergrund, der regelmäßige Gipfel- und Gratformen begünstigt, während die SW bis S fallenden Schichten

696
140

Karte 3

VAL VERZASCA MORPHOLOGISCHE KARTE

- △— Gratverlauf
- Markante morphologische Linien; Brüche, Klüfte
- ← Bachlauf: Versickern, Wiederaustritt
- Bachlauf mit Wasserfall
- Bachlauf mit Kolk
- ||||| Bacheinschnitt
- ||||| Mündungsschlucht
- ▲ Schuttkegel
- ⊖ Kar, Nische, Abrissrand
- Nackentälchen
- Rezent: Erosionsanrisse
- ∨ ∨ ∨ Sackung, Felsrutschung
- ∪ ∪ ∪ Schuttrutschung
- Feiner Blockschutt
- Grober Blockschutt
- ⊗ Blockstrom
- ⊙ Steinbruch
- ≡≡≡ Alluvialböden i.a.



1km
N

116
696

714

der Maggia-Querzone und des Cima Lunga-Lappens, für die mit ihnen konform einfallenden pultförmigen Gipfel und Gräte verantwortlich sind.

In den schematischen Profilen der E- und W-Wasserscheiden (Figur 6) sind drei Abschnitte zu unterscheiden:

- | | |
|------------|--------------------------------------|
| E-Grat: | 1. Stufe: P. Barone — Made. Grosso |
| | 2. Stufe: Cima d'Efra — Madone |
| W-Grat: | 1. Stufe: P. Barone — Monte Zuccherò |
| | 2. Stufe: P. delle Pecore — Madone |
| gemeinsam: | 3. Stufe: Nebengräte |

Im oberen, N Abschnitt, der ganz zum Tessin-Komplex gehört, beträgt die mittlere Höhe der Gipfel etwa 2680 m, die mittlere Schartung 300 m.

Der untere, S Abschnitt, beginnt mit dem Einsetzen der mesozoischen Deckenscheider, und damit der Maggia-Querzone, respektive dem Cima Lunga-Lappen. Die mittlere Höhe beträgt hier im E 2450 m, im W 2210 m; die mittlere Schartung für beide Seiten etwa 200 m.

Nebengräte: hier beziehen wir, um eine sichere Grundlage zu erhalten, auch die Nebengräte gegen die Riviera und das Valle Maggia in unsere Betrachtungen ein. Die mittlere Höhe beträgt für die Nebengräte des E-Abschnittes 2250 m, für die des W-Abschnittes etwa 2000 m. Die Gipfelflurtreppe zeigt demnach folgende drei Teile, die sich in der Höhe jeweils um etwa 200 m unterscheiden:

- | | |
|-----------------|---|
| Oberste Stufe: | zentrale Barone- oder Campo Tencia-Gruppe |
| Mittlere Stufe: | Hauptgräte im E und im W |
| Unterste Stufe: | Nebengräte |

Die Gratstufe zwischen Abschnitt 1 und 2 läßt sich tektonisch begründen. Es ist aber auffallend, daß Gratstufen immer mit wichtigen Gratgabelungsstellen zusammenfallen. Das Gipfelniveau scheint vom Grad der Durchtalung direkt abhängig zu sein (ZELLER, 77). Diese Feststellung und die Tatsache, daß der W-Grat durchschnittlich um 240 m niedriger ist als der E-Grat, zeigen, daß die absolute Höhe der Gräte in enger Beziehung zu deren Bedeutung als Wasserscheide steht.

Für die genetischen Betrachtungen, für die wir die Gipfelflur später beiziehen wollen (vergleiche Kapitel 8.1.), müssen wir gegen N über unser Untersuchungsgebiet hinausblicken. Wir stellen dabei fest, daß das langsame Ansteigen gegen N, das wir für die Gipfel im Val Verzasca festgestellt haben, bis zum P. Campo Tencia anhält. Hier wird der höchste Punkt der Kette erreicht. N dieser Kulminationszone ist ein deutliches Absinken der Gratregion gegen das Bedrettotale festzustellen (Figur 6). Zu ähnlichen Feststellungen kam REIST (57) im Gebiet der Bavona. Der Abfall gegen S ist, wie wir gesehen haben, tektonisch bedingt. Am Abfall N des P. Campo Tencia dürften die weicheren mesozoischen Gesteine der einsetzenden Bedretto-Mulde schuld sein.

Zusammenfassend stellen wir fest:

Im Einzugsgebiet der Verzasca zeigt die Gipfelflur ein treppenartiges Ansteigen gegen N. Eine Kulmination wird erst am P. Campo Tencia erreicht.

Die Gipfelflur und die Gipfel- und Gratformen sind weitgehend von der Tektonik beeinflusst.

Die feststellbare Gipfelflurtreppe ist tektonisch und morphologisch (Durchtalungsgrad) bedingt. Die absolute Grathöhe ist ein Maß für die Bedeutung der Wasserscheide.

5.2. Die Morphologie der Gratregion

5.2.1. Die rezenten Wasserscheiden

Der zentrale Teil der Barone-Gruppe

Wir zählen dazu die Wasserscheiden des Val Vogornesso und des Val Redorta. Die Gratregion ist gut ausgebildet, die Formen sind markant, doch erheben sich die Kämme selten

Abbildung 1

W-Hang des Pizzo di Campioni.

Für den N Teil des Val Verzasca typische Ausbildung der Gratregion: intensive Klüftung und Auflösung des Gesteins in Parallelepiped. Der Fuß ist meist bis weit hinauf zugeschüttet.



Abbildung 2

Passo Redorta im Val Redorta. Die Gehängerinne des Riale di Redorta streicht in einer Störungszone durch die Verflachungen hindurch bis an die Kammlinie hinauf. Die Scharfe dient als Päßchen und verbindet das obere Val Verzasca mit dem Valle di Prato. Rechts der Scharfe der SW-Grat der Corona di Redorta.

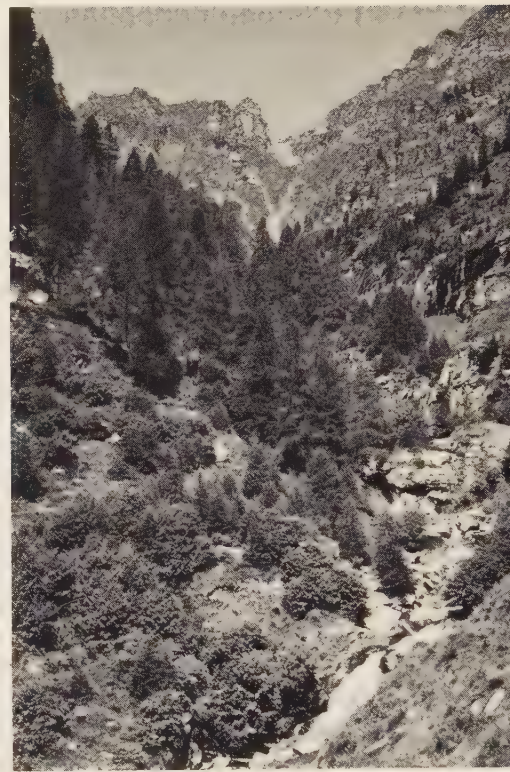


Abbildung 3

Orgnana-Kessel: das Päßchen, das vom Orgnana-Kessel ins Valle Maggia führt, liegt in einer Störungszone. Das Gestein ist stark zerrüttet.



mehr als 300 m über die Hochverflachungen oder über ihre eigenen Hangschuttfelder (Abbildung 1). Starke Klüftung (z. B. am Passo della Ciossa, Passo Mugaglia, Päßchen zwischen Monte Zuccherò und Triangolino, Passo di Redorta, Passo Campala, Passo Barone) und Gehängerinnen, die z. T. durch die Hochverflachungen der Alpe Redorta, Piodaio und der Alpe Bedeglia hindurch bis an die Kammlinie (Passo Redorta, Passo Campala und P. Bedeglia bis- Cima Bianca) hinaufstreichen, bewirken die tiefe Schartung von durchschnittlich 300 m (Abbildung 2). N des P. Rasia, bei Pt. 2481, treten tektonisch bedingte Gratverstellungen auf. Verschiebungsbeträge konnten nicht festgestellt werden.

Der E-Grat: E-Wasserscheide vom Cima d'Efra bis zum Madone

Die Gräte sind hier weniger ausgeprägt; ihre Höhen gehen meist auf weniger als 100 m zurück.

In den Lavertezotälern ragen die Trogsschlüsse bis an die Kämme hinauf. Durch die allmähliche Versteilung vom Trogsschluß zur Gratregion verliert diese an Deutlichkeit. Markant bleiben aber einzelne Gipfel: Pne. Rosso, Cima di Precastello und Pne. di Picol.

Im Val della Porta zeigen die S-Abhänge keine eigentlichen Gratumrandungen; mehr oder weniger schichtkonforme Pultflächen, die bis in den Grat hinaufführen, treten an ihre Stelle. Auf den N-Abhängen sind überall Steilabfälle (Schichtköpfe) vorhanden: Asymmetrie der Gratpartie.

Da die Zonen der großen Verflachungen in allen Tälern als weite Flächen ausgebildet sind, reichen die Gehängerinnen nirgends direkt bis an die Kammlinie hinauf. Die Gräte sind ausgeglichener, die Schartung geringer: im Durchschnitt 200 m.

Die Klüftung scheint in diesem Gebiet weniger wirksam. Einzig die Btta. Cazzane geht als deutliche Furche eindeutig auf starke Zerrüttung des Gesteins zurück.

Der W-Grat: W-Wasserscheide vom P. delle Pecore bis zum Madone

Deutliche Gräte sind nur zwischen dem P. delle Pecore und dem P. Piancascia im mittleren Valle d'Osola vorhanden. Starke Durchklüftung und Bachrinnen bis zum Kamm hinauf sind für die vielen Scharten verantwortlich.

S des P. Piancascia verläuft die Wasserscheide über etwa 3 km im Gestein der mesozoischen Deckenscheider. Hier und im S Teil des W-Grates kann die Gratregion nicht mehr scharf von den Hochflächen getrennt werden. Die Gehängerinnen durchschneiden die Hochverflachungen nirgends, die Schartung ist gering. In diesem Abschnitt gehen zwei deutliche Paßeinschnitte (N und S des P. di Corbella) auf Klüftung zurück (Abbildung 3).

Die Nebengräte

Sie umschließen im E das Val Motto, die Lavertezotäler und das Val della Porta, und im W das Valle di Corippo und das Valle di Mergoscia.

Im Val Motto, gegen den Cima di Gagnone, gehen die durch die waagrechte Gesteinslagerung bedingten, bereits in den Hochflächen beginnenden Strukturterrassen kontinuierlich in die Gratregion über (Abbildung 4).

Im Grat zwischen den Pzi. di Rabbioso und dem P. d'Alnasca geht der Grat z. T. in eigenen Verwitterungsschutt unter.

Der P. d'Alnasca ist mit seinem mächtigen, bruchbedingten S- und SW-Abfall der markanteste Gipfel (Abbildung 5).

Ein weiterer markanter Gipfel in einem Nebengrat ist der P. di Vogorno. Sein Gipfel läßt einen nur noch am S-Grat ahnen, daß er einmal, wie das für das S Val Verzasca typisch ist, asymmetrisch und pultförmig war.

Ebenfalls asymmetrisch, weil schichtkonform verlaufend, sind die Gräte der Täler von Corippo und Mergoscia.

Zusammenfassung

Lagerung, Klüftung und Gesteinsausbildung sind für die Formen der Gipfel und Gräte, sowie für die örtliche Festlegung der Scharten verantwortlich.

Die Gipfel- und Gratregion ist, wie schon die hypsographischen Kurven zeigten, besonders im S Teil des Untersuchungsgebietes, von untergeordneter Bedeutung.

5.2.2. *Postglaziale Verwitterungs- und Abtragungsvorgänge*

Die meist große Steilheit und die starke Zerrüttung der Gipfel und Gräte in unserem Untersuchungsgebiet begünstigen die beiden wichtigsten postglazialen Abtragungsvorgänge: den Steinschlag und die Massenbewegungen.

Steinschlag

Ganz allgemein ist die Gratregion stark zersplittert. Tektonische Bewegungen, welche die Verwitterung begünstigen, sind für die Auflösung der Gratpartie in einzelne Gesteinspakete und die Schartung verantwortlich. Heute dürfte vor allem der Spaltenfrost für den starken Abtrag verantwortlich sein. Der Fuß der meisten Gräte ist mit einer mächtigen Hangschuttschicht bedeckt. Abbildung 1 (W-Hang des P. di Campioni) zeigt die Gratform, wie sie vor allem im N Teil des Val Verzasca realisiert ist. Der Abtrag, und damit die Erniedrigung der Gratpartie erfolgt allseitig.

Im S Teil, bei vorwiegend pultförmiger Ausbildung der Gräte, sind hauptsächlich die N-Flanken mit ihren Steilabfällen der Verwitterung ausgesetzt. Die Trümmerfelder liegen denn auch meist auf der N-Seite der Gräte. Bei Gräten, die in NE-SW Richtung verlaufen, bilden sich wegen der gleichlaufenden Klufrichtung oft herausgewitterte Stöcke, die dem eigentlichen Grat vorgelagert sind, z. B. Grat N Alpe Viciu.

Massenbewegungen

Es sind damit nur Massenbewegungen gemeint, die sich auf die Gratregion beschränken, d. h., deren Ablagerungen auf den Hochverflachungen zum Stillstand kamen. Bergstürze, die bis ins Tal hinunter reichen, sollen im Kapitel über die Talgehänge besprochen werden.

Val Vogornesso

N des Cima di Cagnone liegen an der linken und rechten Flanke des Felskessels gegen die Alpe Porcheirina zwei Schuttmassen. Sie lassen sich durch die Größe ihrer Blöcke eindeutig vom feineren Hangschutt abgrenzen. Der Ausbruch erfolgte am Cima di Cagnone und am Pt. 2335. Die Abbruchstellen sind stark E-W geklüftet.

1 km W — am gleichen Grat — ist zwischen Pt. 2555,8 und Pt. 2575 eine weitere Abbruchstelle. Die Schuttmasse zieht am Lago di Porcheiro vorbei, bis in den unteren Rand der Verflachungen. Der anstehende Fels ist durch E-W und N-S streichende Kluftsyste me aufgelöst.

Val Redorta

N des Sasso Rosso zieht eine E-W-Kluftschar durch. Sie quert den Grat E Pt. 2448,1 in einer tiefen Scharte. Der grobe Blockschutt, der aus dieser Scharte ausbrach, liegt in einem deutlich begrenzten Blockfeld gegen Alpe Cardedo hinunter.

Der E-Grat des Monte Zuccher o, im N und S von E-W-Brüchen durchzogen, löst sich in einem Trümmerfeld auf, das mit einzelnen hausgroßen Blöcken die Felswand oberhalb Püscen Negro erreicht. Die Bewegungen sind noch aktiv, jedoch infolge des Lärchenbestandes zwischen Brüs oo und Pt. 1625 stark gehemmt.

Valle d'Osola

Der W-Grat der La Marcia ist Abrißstelle eines ausgedehnten Bergsturzes, der sich ins enge Bachtobel hineinzwängt und erst auf der Höhe von Cortesello zum Stillstand kommt. Kluftsyste me, die SE-NW und E-W streichen, zerrütteten die Abbruchstelle.

Auf der gegenüberliegenden Talseite, von P. Piancascia und SE davon, vom Pt. 2182, laufen zwei Blockfelder konvergierend gegen Fontane hinunter.

Lavertezotäler

Am SE-Grat der Pzi. di Rabbioso ist die Störung, die durchs Cremen zé-Tal hinauf gegen das Val Motto hinüberstreicht, wirksam und verursachte den ausgedehnten Felsabbruch gegen Forná hinunter.

Ein weiterer Felsabsturz weist der N-Abhang der Cima di Precastello auf. Die Blockmasse bleibt auf den Fuß der steilen Felswand beschränkt.

Zusammenfassung

Sowohl der Steinschlag wie die Felsstürze lassen sich auf die starke tektonische Beanspruchung des Untergrundes zurückführen. Beide Abtragungsvorgänge sind noch aktiv.

6. Die Zone der großen Verflachungen

6.1. *Die vertikale Gliederung der Hochflächen*

Wie die morphometrischen Berechnungen zeigten, sind die Gebiete zwischen 1200 und 2200 m mit flächenmäßig großen Anteilen am Aufbau des Gesamtgebietes beteiligt.

Die morphometrischen Resultate erhärten die Ergebnisse, die GYGAX (31) in seinem «Beitrag zur Morphologie der Valle Verzasca» bereits 1934 nachwies. Auch er stellte aber fest, daß eine Untergliederung der Verflachungen nicht immer mit der wünschbaren Deutlichkeit vorgenommen werden kann. Er unterschied in dieser Höhenlage zwei Systeme: das Pettanetto- und das Bedretto-Niveau.

Auf diese beiden Niveaus der großen Verflachungen wollen wir hier nicht weiter eintreten, da GYGAX (31) das bereits in ausgezeichneter Ausführlichkeit getan hat. Wir sind durch eigene Beobachtungen überzeugt, daß die örtliche Fixierung der Terrassen und die genetischen Betrachtungen über deren Entstehung ihre Gültigkeit nicht verloren haben. In unseren Ausführungen zur Talgeschichte (Kapitel 8.2.) werden wir darauf zurückkommen.

Zusammenfassung

In der Zone der Verflachungen können zwei Niveaus unterschieden werden:

- Die Verflachungen des «Pettanettosystems» LAUTENSACHs (43), vergleiche auch GYGAX (31).
- Das «Bedrettosystem» LAUTENSACHs (43), ein Niveau, das ebenfalls von GYGAX (31) eindeutig nachgewiesen wurde.

6.2. *Die Seen der Hochflächen*

Die vielen Seen und Seelein, die z. T. bereits von LAUTENSACH (44) erwähnt wurden, liegen alle in den Hochflächen des Val Verzasca, und zwar in einer Höhe zwischen 1800 und 2400 m. Dabei liegen 6 der 10 Seen über 2000 m, was der Feststellung LAUTENSACHs entspricht, daß der Großteil der Tessiner Seen in einer Meereshöhe von 2000—2500 m liegt. Ich möchte bei meinen Betrachtungen nur auf die drei größten Seen eingehen:

Lago Barone	2391 m
Lago di Porcheiro	2190 m
Lago d'Efra	1835 m

Die andern 7 Seelein, von denen 4 auf der Landeskarte 1 : 50 000 gar nicht eingezeichnet sind, sollen nur erwähnt werden:

See 500 m NE P. d'Alnasca	2140 m
See 550 m WSW Alpe Mazèr	2110 m
See 600 m S Pt. 1791 auf Alpe Arpet	2100 m
See 600 m SSE Alpe Pianca	2020 m
See im Orgnana-Kessel	1880 m
See im Cimalmotto-Kessel	1860 m
Lago Deva	1875 m

Abbildung 4

Aufnahme der Eidg. Vermessungsdirektion. Rechts sehen wir den obern Teil des Val Motto mit seinen Strukturterrassen.

Links der Lago d'Efra. Deutlich erkennt man die Störungsline, die von der untern rechten zur oberen linken Bildecke direkt durch den See streicht. Drei weitere Brüche ziehen von oben nach unten durch den See.



Abbildung 5

Der P. d'Alnasca (links) ist der markanteste Gipfel des Val Verzasca. Seine steilen Wände sind bruchbedingt.

Im Vordergrund das Hängetälchen von Orgnana.



Abbildung 6

Lago d'Efra: deutlich treten die Störungszonen im Grat hervor, die von der Alpe Mater gegen das Seebecken streichen.

Lago Barone

Er ist mit einer Länge von 400 m und einer Breite von 250 m der größte See des Gebietes. Sein 2391 m hoch gelegener Spiegel wird rings von hohen Felswänden und Schutthalden eingeschlossen. Am S Punkt, da wo der abschließende Schuttwall die geringste Höhe besitzt, dürfte die ehemalige, heute zugeschüttete Abflußrinne gewesen sein. Am S-Abhang, gegen die Alpe Barone hinunter, treten in einer Höhe von etwa 2300 m zahlreiche kleine Quellen aus dem Blockschutt aus. Diese Gewässer bilden mit ziemlicher Sicherheit die Ausflüsse des Lago Barone. Der See ist nie ausgelotet worden, doch dürfte seine Tiefe 20 m erreichen. Die winterliche Eisschicht schmilzt erst gegen Mitte Juli ganz weg.

Entstehung: der See liegt im Bereiche zweier Kluftsysteme. Das eine zieht E-W vom P. di Campioni (Vergleiche Abbildung 1) zum P. di Scinghino, während ein fast senkrecht dazu stehendes vom Passo Barone gegen S streicht. An der Kreuzungsstelle dieser beiden Systeme entstand eine Schwächezone, die vom glazialen Eis zum Seebecken umgeformt wurde.

Lago di Porcheiro

Er liegt ebenfalls im Val Vogornesso, fast gegenüber dem Lago Barone, jedoch auf einer Terrasse, die um eine Stufe tiefer liegt als dieser. Er ist ganz im Hangschutt eingebettet. Seine Spiegelhöhe beträgt 2190 m. Ein direkter Ausfluß ist nicht vorhanden, doch nur wenige Meter N des Pt. 2190 tritt aus dem Schutt eine Quelle aus, die unschwer als Abfluß des Sees erkannt werden kann.

Entstehung: E des Lago di Porcheiro laufen drei verschieden streichende Klüfte (E-W, S-N und NW-SE) durch, die das ganze Gebiet zu einer großen Schwächezone machten (Bergsturz E des Sees) und eine mechanische Auflockerung des Gesteins zur Folge hatten. Dem Gletscher war es nachher möglich, hier ein Seebecken zu schaffen.

Lago d'Efra (Abbildungen 4 und 6)

Der Lago d'Efra liegt in einem Felskessel und ist heute durch Hangschutt fast aufgefüllt. Seine Tiefe beträgt 2—5 m, das Wasser ist spiegelklar, der Seeboden ganz mit plattigen Gesteinstrümmern bedeckt. Der See hat einen direkten Ausfluß. Das Wasser fließt über eine kleine Felsschwelle, in die es sich leicht eingeschnitten hat.

Entstehung: auch die Entstehung des Lago d'Efra geht auf Klüftung zurück. Eine große Schwächezone zieht von der Alpe Mater her in SW-NE Richtung durch den See hindurch, während zwei Störungslinien vom Felskessel S des Sees NW-wärts durch den See streichen.

Zusammenfassung

Alle Seen, die in den Hochflächen des Val Verzasca liegen, haben ihren Ursprung in tektonisch bedingten Störungszonen.

Alle Seen haben nur unterirdische Zuflüsse, die wenigsten oberirdische Abflüsse. Beide Tatsachen sind bedingt durch die Schuttmassen, in denen die Seen liegen.

6.3. *Blockströme*

Alpe Bardughè (Abbildung 7)

Am Hang oberhalb der Alpe Bardughè liegt ein etwa 400 m langer und 200 m breiter Blockstrom, der bis an die Hütten der Alpe Bardughè heranreicht. Die z. T. unbewachsene Oberfläche zeigt deutliche Fließwülste. Eine Bewegung an der Zunge scheint seit längerer Zeit nicht mehr stattzufinden, was das Bestehen der Alpsiedlung Bardughè beweist. Ein eigentliches Nährgebiet fehlt heute. Die Blockmasse ist ein guter Wasserträger, die Versorgung der Häuser mit Trinkwasser stammt aus ihr: Quellhorizont = Gleithorizont.

Der Hang N der Alpe Bardughè ist heute noch aktives Rutschungsgebiet. Gegenwärtig versucht man, ihn durch Aufforstung zu stabilisieren.

Alpe Mugaglia

Vom Grat des P. Gemogna zieht gegen die Alpe Mugaglia eine Blockmasse, die beidseitig

Abbildung 7

Aufnahme der Eidg. Vermessungsdirektion.
Blick auf die Hochverflachung von Alpe Bardughé.
Darüber, in der Mitte der oberen Bildhälfte, ein
Blockstrom mit ausgeprägtem Fließwulst.
Unten, links der Mitte, im anstehenden Fels eine
Sackung mit deutlich ausgebildetem Nackentälchen.



Abbildung 8

Corte di Fondo: die große Rutschmasse im
Corte di Fondo-Kessel mit deutlich erkenn-
baren Fließwülsten.



Abbildung 9

Trogschluß des Valle d'Osola.
Deutlich erkennt man die drei Regionen:
Gipfel und Gräte, Verflachungen und Taltrog.



von einem Moränenwall abgegrenzt wird. In der Mitte sind deutlich gebogene Fließwülste vorhanden. Auch dieser, bis auf 1750 m hinunterreichende Blockstrom, ist heute inaktiv.

Corte di Fondo (Abbildung 8)

Am Hang gegen den SW-Grat des P. di Campioni, NW Corte di Fondo, liegt mehr oder weniger in einem Kessel eine große Schuttmasse. Es scheint sich um Moränenmaterial zu handeln. Fließwülste werden durch oberflächlich abfließendes Schmelzwasser immer wieder zerstört. Der ganze Hang scheint aktives Rutschungsgebiet zu sein.

Zusammenfassung

Die Blockströme in unserem Untersuchungsgebiet liegen alle unter 2000 m.

Wir konnten nirgends direkte Anzeichen von rezenten Bewegungen feststellen. Alpsiedlungen an den Stirnen der Blockströme (Bardughè, Mugaglia) bestätigen diese Feststellung.

7. Der Taltrog

7.1. *Das Talgehänge*

Unter dem Talgehänge wollen wir die Region zwischen der Zone der großen Verflachungen und dem heutigen Talboden verstehen. Jene reicht bis auf eine Höhe von etwa 1200 m hinunter. Dort geht der allgemein kleine Böschungswinkel sprunghaft in große Werte über. Das Talgehänge weist in seiner vertikalen Gliederung noch Knicke auf, die GYGAX (31) zu einem weiteren Terrassensystem, dem Sobrio-Niveau, verbinden konnte.

Wir wollen hier aber vor allem auf die andern Erscheinungen eingehen, die gerade im Gebiet der Uebertiefungen zu den auffallendsten Elementen gehören.

7.1.1. *Böschungsverhältnisse*

In den Tessinertälern sind die Talgehänge im allgemeinen steil. Dies trifft auch für unser Gebiet zu. Zwischen den einzelnen Talhängen sind jedoch beträchtliche Unterschiede festzustellen, die auf Klüftung und Gesteinslagerung zurückgeführt werden können.

Recht deutlich kommt das in den S Seitentälern zum Ausdruck. Das Val della Porta verläuft in seiner ganzen Länge im geologischen Streichen. Das rechte, mehr oder weniger konform mit den Schichten einfallende Talgehänge, weist einen kleineren Böschungswinkel auf als das linke, das aus den Schichtköpfen gebildet wird.

Ähnliche Böschungsverhältnisse besitzen auch die isoklinal angelegten Täler von Mergoscia und Corippo.

Die Asymmetrie der Lavertezotäler, die nicht eigentliche Isoklinaltäler sind, beschränkt sich dort nur auf die Zone der Verflachungen, wo sich das geringe Schichtfallen erst wieder deutlich bemerkbar machen kann. Im eigentlichen Talgehänge dagegen ist eine Asymmetrie nicht erkennbar.

7.1.2. *Wirkungen der Glazialerosion*

Außer der Trogform, die auch nicht überall in der wünschbaren Deutlichkeit verwirklicht ist, sind eigentlich im Val Verzasca wenige, für die glaziale Ueberformung typische Formen wie Gletscherschliffe oder Rundhöcker vorhanden. Deutliche Trogformen zeigen über längere Strecken das Val Vogorosso, das Val Redorta und das Valle d'Osola. Ausnahmslos besitzen alle Täler, auch die kleinen Hängetälchen, schöne Trogschlußformen. Selbst die S asymmetrischen, isoklinalen Seitentäler, die im Tal selbst praktisch keine Anzeichen glazialer Ueberformung zeigen, haben prächtige Trogschlüsse. Der Trogschluß des Valle d'Osola ist nach LAUTENSACH (43) der schönste des ganzen Tessins (Abbildung 9).



Abbildung 10

Aufnahme der Eidg. Vermessungsdirektion. Das Val Vogornesso ist in seinem unteren Teil (links Sonogno, rechts Cabione) ein typisches Trogtal.

Im Talgehänge kluftbedingte Bachtobel, die schief zum Haupttal streichen. Oben links das Bergsturzgebiet von Barm. Man sieht, daß die Störungszonen vom P. di Mezzodi (unten rechts, nicht mehr auf dem Bild) über den Talboden in das Bergsturzgebiet hinein streichen.

Abbildung 11

Das Bergsturzgebiet von Barm im Val Vogornesso.

Links der von Bergsturzschild überdeckte Hang gegen Sonogno hinunter.

Rechts eine Scherkluft, die vom Pizzo di Mezzodi gegen den Mugaglia-Kessel streicht.



Abbildung 12

Aufnahme der Eidg. Vermessungsdirektion. Das Bild zeigt das Bergsturzgebiet von Brione: links die Abrißnische und die Gleitbahn; in der Bildmitte sehen wir die von der Verzasca durchschnitene Trümmerbarriere.

Unten links das Dorf Brione. Hier gabelt sich das Tal. Gegen links erstreckt sich die Alluvialebene des Haupttales; rechts, das im untern Teil auch noch aufgeschotterte Valle d'Osola.



Wir stellten fest, daß die Trogbildung stark von der Gesteinslagerung und der Gesteinsklüftung abhängig ist. Dabei dürften die Beobachtungen, die REIST (57) gemacht hat, auch für unser Untersuchungsgebiet zutreffen, nämlich, daß die glaziale Erosion weniger schleifend wirkt (Gletscherschliffe sind auch bei uns äußerst selten) als vielmehr ausbrechend. Ueberall können im Val Verzasca am steilen Talgehänge solche Bruchspuren festgestellt werden. Dabei fällt auf, daß auch diese Sprengstellen an die Klüftung und die Lagerung des Untergrundes gebunden sind. Besonders anfällig sind:

- Schichten, welche die Fließrichtung (Talachse) des Gletschers rechtwinklig schneiden: Hang SW Lavertezzo.
- Schichtköpfe: linke Talseite des Val della Porta.
- Bruchzonen, die quer zum Gletscher streichen (Val Vogornesso), oder talparallele Kluftflächen (Valle d'Osola).

Der Gletschererosion ist es, und das dürfte diese Ansicht stark stützen, z. B. nicht gelungen, die durch das Schichtfallen bedingte Asymmetrie der Talquerschnitte der S Seitentäler zu verwischen und zu einer Trogform umzuwandeln.

Weitere typische Zeichen glazialer Wirkung hat GYGAX (31) beschrieben, so die Prallstellen im Val Vogornesso und die Konfluenzstufen (z. B. bei Brione).

An vielen Stellen sind die erwähnten glazialen Formen durch nachträgliche, postglaziale Vorgänge zerstört oder verdeckt worden. Trümmer von Massenbewegungen aller Art, REIST (57) bezeichnet sie richtigerweise als «indirekte glaziale Wirkungen», sind überall im Tal anzutreffen. Wenn man den Ursachen nachgeht, sind meist zwei Hauptfaktoren für ihre Entstehung verantwortlich zu machen:

- Starke Auflösung des Gesteins durch Brüche und Klüfte.
- Das abschmelzende Eis beraubte das z. T. unterschiffene Talgehänge seiner natürlichen Stütze und war damit an der Auslösung der Katastrophe schuld.

7.1.3. Massenbewegungen

Im Haupttal

Der Bergsturz von Barm (Abbildungen 10 und 11)

Das Gebiet zwischen Barm, Sonogno und Pinello ist von groben Bergsturztrümmern vollständig überdeckt. Die Abbruchstelle liegt am Felsband N Barm und ist noch deutlich als solche zu erkennen. Die Ursache für diesen Bergsturz dürfte in einer Scherklüftung zu finden sein, die direkt durch die Abrißnische zieht. Im Gelände ist sie verfolgbare. Sie zieht vom P. di Mezzodi in allgemein SW Richtung ins Val Vogornesso hinunter, quert das Tal und setzt sich über Barm gegen das Val Redorta fort. Nach dessen Ueberquerung bei Fracedo streicht sie weiter gegen Brüsoo hinauf, wo sie sich im Mugaglia-Kessel verliert. Eine der E-W verlaufenden Störungslinien, S des Monte Zuccherro, dürfte ihre Fortsetzung sein.

Das Bergsturzmaterial ist stark mit Hangschutt vermischt, liegt aber auf Moränenmaterial. Der Bergsturz muß nach der letzten Eiszeit stattgefunden haben.

Der Bergsturz von Brione (Abbildung 12)

Es handelt sich um den größten Bergsturz des Gebietes. Bereits GYGAX (31) ging auf dessen Entstehung ein. Die Unterschleifung der Felswand SE Brione durch den Verzascagletscher (dieser wurde durch die Eismassen des Valle d'Osola nach links abgedrängt), die er für den Bergsturz verantwortlich macht, bleibt als Möglichkeit bestehen. Wenn man die Abrißnische W Agazzo näher untersucht, findet man in der Felswand eine intensive Verfaltung und Klüftung, und zwar sind hier offenbar zwei Kluftsysteme, die sich in der Gegend von Brione überschneiden (vergleiche Figur 7 und Kapitel 8.3.1.), wirksam. Das eine System läuft mehr oder weniger wandparallel, d. h. SE-NW, und gehört zu den Klüften, die in der Wand gegen La Marcia hinauf, an der gegenüberliegenden Talseite wieder auftauchen und hier parallel mit dem Valle d'Osola durch dieses Tal hinaufstreichen. Ein weiteres System verläuft N-S respektive E-W. Es tritt im Gelände nicht in markanten Linien hervor, ist aber in der Abrißnische stark vertreten und offenbar dementsprechend wirksam.

Abbildung 13

Zwischen Aquino und Motta, im Haupttal, am Fuße des Föpia, liegt ein großes Sackungsgebiet. Der ganze Hang ist mit versackten Felsstöcken und Sackungsmulden durchsetzt. Aufforstung bannt heute die Rutschungsgefahr.



Abbildung 14

Sackungsstock am Cangelo-Bach. Nackentälchen und Rutschungsfläche sind gut erkennbar. Links darüber weitere, ähnliche Gebilde.

Rechts das Haupttal mit Brione, La Marcia, Pizzo Cassagno und Pizzo Rasia.



Abbildung 15

Zu den kleineren Sackungserscheinungen, wie sie im ganzen Tal häufig vorkommen, gehören die hangparallelen, im Gesteinsverband abgerutschten Felspakete im Val Carecchio, am Hang gegen Eos hinauf.



Weitere kleinere Bergstürze sind im Val Vogornesso (bei Cabione) an der linken Talseite bei Frasco und bei Duno zu finden. Alle haben deutliche Abrißnischen und Schuttkegel, sind aber ihrer relativen Kleinheit wegen von untergeordneter Bedeutung.

Die Sackung S Frasco (Abbildung 16)

E Cortascio, mit Nackentälchen bei Pt. 1144 und Pt. 1148, ist ein Sackungsgebiet vorhanden, das längs einer Bruchzone, die SSE-NNW den Felsbändern entlang verläuft, abgerutscht ist. Im N Teil ist das Gestein locker und der ganze Hang gegen die Verzasca hinunter mit Schutt überdeckt. Im S Teil scheint der Fels unter guter Wahrung des Gesteinsverbandes abgesackt. Der Bach, der von Mater herunterfließt, trennt die beiden Gebiete. Er konnte sich auffallend tief in die aufgelockerte Masse einschneiden und hat im Talboden einen großen Schuttkegel aufgeschüttet.

Die Sackung von Valdone

Am gegenüberliegenden Hang ziehen ebenfalls SE-NW gerichtete Brüche durch, die den Hang bei und S von Valdone stark zerrüttet haben. Bei Valdone ist ein schönes Nackentälchen vorhanden, während S davon tiefe, talparallele Risse durch die Felsköpfe ziehen. Die Spalten sind z. T. mit Gesteinstrümmern gefüllt. Sackungsbeträge konnten nirgends festgestellt werden.

Die Sackung zwischen Aquino und Motta (Abbildung 13)

Zwischen Aquino und Motta hat eine Sackung den Hang bis zu den Alpweiden hinauf erfaßt. Eine Störungslinie, die mit der SE-NW-Störung, die wir bereits für den Bergsturz von Brione verantwortlich gemacht haben, identisch ist, dürfte auch hier wirksam gewesen sein. Nackentälchen sind am Fuß der Felswand gegen die Föpia hinauf vorhanden. Weiter unten ist das Gebiet von hangparallelen Sackungsmulden durchzogen. Die Sackungsmasse hat die Verzasca stark gegen SW abgedrängt.

Charakteristisch für diese stark aufgelöste, mit Moränenmaterial überdeckte und z. T. mit ihm vermischte Sackungsmasse, ist deren Wasserlosigkeit. Alle Oberflächengewässer versickern längs den anstehenden Felsen in den Nackentälchen. Heute ist der ganze Hang wegen seiner immer noch aktiven Rutschung verbaut und aufgeforstet.

Die Sackungstöcke am rechten Talhang zwischen Brione und Lavertezzo (Abbildung 14)

Der ganze Hang zwischen Aquino und Gana, mit Ausnahme einiger Stellen, ist ein zusammenhängendes Sackungsgebiet. Im Gegensatz zur großen Sackung am gegenüberliegenden, linken Talhang, haben wir es hier mit einer fast reinen Felsrutschung zu tun. Am schönsten ausgebildet ist die Sackung an einem Felspfeiler N des Cangello-Baches. Durch ein schönes Nackentälchen ist der Pfeiler von der anstehenden Wand abgehoben. Die Rutschungsfläche selber ist unzugänglich. Weiter gegen N sind ähnliche, jedoch kleinere Felsstöcke in gleicher Art abgerutscht. Ueberall stehen die abgesackten Felstürme noch im kompakten Gesteinsverband da.

Die Felsstöcke W Vogorno

Auch hier scheint es sich um eine Sackung zu handeln. Allerdings konnten hier nicht eindeutig Störungszonen nachgewiesen werden. Es ist aber wahrscheinlich, daß die SSW-NNE verlaufenden Brüche von Mergoscia auch hier noch wirksam sind. Auch diese Felsstöcke sind im kompakten Gesteinsverband abgerutscht. Nackentälchen, die mit Bergsturzsutt aufgeschüttet sind, finden wir zwischen Pt. 908 und 1049,8. Ob diese beiden Punkte auch einen Anhaltspunkt über den Sackungsbetrag geben, ist fraglich (vergleiche Abbildung 21).

Im Valle d'Osola

Der Bergsturz am P. delle Pecore

Am E-Grat, der gegen den P. delle Pecore hinaufzieht, ist eine lange, gerade verlaufende Abrißnische ausgebildet. Sie liegt in einer E-W Störungszone, die den Grat in mehreren Scharfen schneidet. Die Bergsturstrümmer bilden im Tal einen Riegel. Dadurch wurde der Osolabach gestaut. Oberhalb des Bergsturzes wurde das Tal beträchtlich aufgeschottert.

Die Sackung von Brione

Die hohen Felswände N Brione sind von mehreren Ruschelzonen durchzogen. Es sind dies die Störungslinien, die vom Bergsturzgebiet SE von Brione her in den La Marcia-S-Grat hineinstreichen. Der ganze S Felssporn ist als Ganzes abgesackt, und man ist bei seinem Anblick erstaunt, daß er überhaupt noch steht. Die Ruschelzone, die ihn vom anstehenden Felsen trennt, ist durchwegs aufgeschlossen.

Im Val Redorta

Die Rutschungen bei Püscen Negro

Der Hang zwischen der Alpe Redorta und Püscen Negro ist von verschwemmtem Moränenmaterial bedeckt und steigt gegen die Felswände der Corona di Redorta steil an. Im oberen Teil ist der Hang Rutschungsgebiet, was Sackungsfurchen, Säbelwuchs der Bäume und Nackentälchen längs der Felswand beweisen.

Auch unterhalb Püscen Negro befindet sich ein ausgedehntes Rutschungsgebiet. Auch hier ist es vor allem Moränenmaterial, das in Bewegung ist.

In beiden Gebieten sind auffällige rezente Erosionsanrisse zu beobachten, was auf einen überaus lockeren Untergrund schließen läßt.

Im Valle di Mergoscia

Die Rutschung von Busada (Abbildung 19)

Am unteren rechten Talhang des Valle di Mergoscia ist eine ausgedehnte aktive Rutschungszone vorhanden. Sie wird auf drei Seiten von Brüchen begrenzt. In den letzten Jahren wurde die Straße nach Mergoscia verschiedentlich verschüttet, oder rutschte mit den Schuttmassen ins Tobel des Mergosciabaches hinunter.

Kleinere Sackungserscheinungen (Abbildung 15)

Allgemein kann gesagt werden, daß kleinere Sackungserscheinungen an vielen Stellen des Tales auftreten. Auch sie sind immer an Klüfte gebunden, so z. B. im Haupttal die Sackungsstöcke bei Cte. Alnasca, im Val Redorta gegen die Alpe Mugaglia, im Val d'Efra gegen die Alpe d'Efra, im Val Pincascia gegen Alpe Cornavosa, im Val Carecchio gegen Eos und im Valle di Mergoscia bei Porchesio.

7.1.4. Wichtige Störungslinien

Neben den Störungslinien, die wir für die Massenbewegungen verantwortlich machen konnten, fanden wir weitere Bruch- und Kluftzonen von größerer Bedeutung.

Die Bachtobel

Es fällt auf, daß im Val Verzasca viele Wildbachtobel in tektonischen Schwächezonen angelegt sind. Diese Wildbachtobel zeichnen sich durch eine gemeinsame Charakteristik aus:

- Sie folgen im allgemeinen nicht den Gesetzen einer fluviatilen Erosion, d. h., sie richten sich nicht nach den Gegebenheiten des Geländes, sondern folgen eigenen, scheinbar willkürlichen Richtungen. Ehemalige, in der Anlage offenbar ältere Gräbe, werden daher oft unnatürlich schief geschnitten: Bachtobel von Cortascio und Lorentino und Grat des P. Scaiee (Abbildung 16).
- Plötzliche Richtungsänderungen sind nicht selten: Tobel von Alnasca (Abbildung 17).
- Ihre parallel laufenden Wände stehen mehr oder weniger senkrecht und sind meist stark zerklüftet. Oft finden sich Spuren tektonischer Beanspruchung: Ruschelzonen.
- Sie münden durchwegs stufenlos ins Haupttal, eine Tatsache, die bei den kleinen Einzugsgebieten nicht auf fluviale Erosion zurückgeführt werden kann.
- Sie sind oft in der Zwei- oder Vielzahl parallel nebeneinander angeordnet: Val Vogorosso, Lorentino, Cognora.

Die wichtigsten dieser Wildbachtobel sind:

Die Tobel von Lovald/Seccada (Abbildung 18), die Kerben bei Cortascio/Lorentino (Ab-

Abbildung 16

Die Bachtobel zwischen Cortascio und Lorentino schneiden den älteren Grat des Pizzo Scaiee unnatürlich schief. Es handelt sich um Brüche, die ins Val d'Efra hineinstreichen. Im Vordergrund befindet sich ein ausgedehntes Sackungsgebiet.



Abbildung 17

Aufnahme der Eidg. Vermessungsdirektion. Das wohl eindrucklichste kluftbedingte Bachtobel ist dasjenige von Alnasca. Links und rechts davon weitere kleinere, parallel dazu verlaufende Störungszonen.

Unten rechts befindet sich Brione. Gegen links zieht sich die Alluvialebene des Haupttales hinauf.

Vom postglazialen Schuttkegel des Alnascatobels wird die Verzasca auf die rechte Talseite gedrängt.



Abbildung 18

Die schönsten kluftbedingten Bachtobel finden wir im Val Vogornesso, wo vom Pizzo di Mezzodi mehrere E-W streichende Kerben ins Tal hinunterziehen. Hier das größte, etwa 10 m breite Tobel von Alpe di Treccio.

Abbildung 19

Aufnahme der Eidg. Landestopographie. Im oberen Teil haben wir das Valle di Mergoscia. Deutlich ist die Ruschelzone zu sehen, die durch das ganze Tal hinaufstreicht. Der Mergosciabach fließt nicht durchwegs in der Ruschelzone, kehrt aber immer wieder in sie zurück, und zwar meist in Klüften, welche die Hauptruschelzone kreuzen. Bei der Einmündung ins Haupttal benützt der Mergosciabach ebenfalls eine Störungslinie, die SE-NW streicht. Im untern Teil des Tales sieht man die Rutschung von Brusada.

In einer parallelen Ruschelzone ist auch das Tälchen S des Valle di Mergoscia angelegt.



Abbildung 20

Val della Porta: die große Ruschelzone, die an Ponte Vecchio vorbei ins Tal hineinstreicht.

Vorne die neue Brücke über den Stausee.

Abbildung 21

Aufnahme der Eidg. Landestopographie. Oben links das Dorf Vogorno. SW davon, auf dem rechten Verzasca-Ufer, das Sackungsgebiet von Porchesio. Etwas oberhalb der Mitte des Bildes streicht von W nach E die große Ruschelzone des Val della Porta über Ponte Vecchio.

Auch die S Täler (La Valle und Valle della Cazza) liegen in Störungszonen, die parallel zur Porta-Linie streichen. Die Störung im Valle della Cazza dürfte die Fortsetzung der Mergoscia-Ruschelzone sein.



bildung 16), die Kluft bei Alnasca (Abbildung 17), der Einschnitt auf der Alpe Osola gegen den P. Rasia hinauf, das Tobel von Chiosetto und die Runsen bei Cognora und Cremenzé. Dazu viele kleine, ähnliche Ausbildungen, wie sie in großer Zahl im Val Verzasca zu finden sind.

Die Täler

Auf größere Störungszonen sind auch verschiedene Talanlagen zurückzuführen:

Das Valle di Mergoscia (Abbildung 19)

Durch das Tal von Mergoscia zieht eine Ruschelzone (KÜNDIG, 41), die als Ursache für die Entstehung dieses Tales angesehen werden muß. Die Zone wird, mit wenigen Abweichungen, vom Bach benützt. Bei Abzweigungen von und zu der Ruschelzone hält sich der Bach an quer zur Talrichtung streichende Klüfte. Auch die abrupte Richtungsänderung bei der Einmündung ins Haupttal ist nicht eine durchschnittene Steilstufe, sondern eine weitere Störungslinie.

Die Asymmetrie des Tales läßt sich nicht auf diese Mylonitzone zurückführen, vielmehr bestimmt die Gesteinslagerung den Talquerschnitt.

Gegen E quert die Ruschelzone das Val Verzasca und taucht auf der linken Talseite im Val della Cazza wieder auf.

Das Val della Porta (Abbildungen 20 und 21)

Auch das Val della Porta folgt in seiner Hauptrichtung einer großen Ruschelzone. Diese streicht vom Valle di Corippo her in SE Richtung ins Tal hinein über Ponte Vecchio nach der Alpe Starlarescio, wo sie in einem imposanten rezenten Erosionsanriß gegen die Wasserscheide austreicht. Der Portabach hält sich weniger an die Schwächezone als der Mergoscia-bach. Möglicherweise sind Sackungen am linken Ufer, die wir aber nicht eindeutig als solche haben nachweisen können, dafür verantwortlich zu machen: Ponte Vecchio.

Parallel zum Val della Porta laufen verschiedene Tälchen S von Vogorno. Sie alle sind in Schwächezonen angelegt, die zur Mergoscia/Porta-Serie zu zählen sind.

Das Tälchen SW Aquino

Gegen La Mara hinauf zieht eine Störung, die sich oben verzweigt. Sie ist für die tiefe Kerbe verantwortlich.

Parallel dazu streichen einige Klüfte in den Orgnana-Kessel hinein, der in seiner Hauptrichtung ebenfalls auf diese Kluftschar zurückzuführen ist.

Die Talwände im Haupttal und in einigen Seitentälern

An einigen Stellen im Haupttal (Abbildung 22) und an verschiedenen Orten in den Nebentälern liegen die Talwände in Klufttrichtung:

Val Carecchio im untersten Teil (Abbildung 23), Val Pincascia im Mittelteil, Val d'Agro im unteren, tektonisch stark beanspruchten und nach der Richtungsänderung bei Arai wieder im Mittelteil, Valle d'Osola im unteren Teil an der linken Talseite, Val Redorta N Püscen Negro.

Weitere wichtige Ruschelzonen, die im Gelände weniger markant hervortreten, sind:

P. di Mezzodi — Lovald — S Cima di Cagnone — Alpe Redorta.

P. Scaiee — Gerra — Piee del Rosso — S La Marcia — Cortesello.

Alpe Osola — Barbui — Gemogna — Passo della Ciossa — Alpe Cardedo — Cazzai — Haupttal — Alpe Pampinedo.

Alpe Rognoi — Piano dei Nicci — Eos — Capa di Bedoi — Guglia — Cremenzé — Pzi. di Rabbioso — Val Motto.

Zusammenfassung

Die Talgehänge des Val Verzasca sind intensiv von Klüften und Brüchen durchsetzt. Morphologisch manifestieren sie sich in Bergstürzen, Sackungen und Rutschungen mit Nackentälchen, Tobeln, Gräben und im weitesten Sinn in der allgemeinen Anlage der heutigen Täler.

Abbildung 22

Val Redorta: die Wände des Tales liegen in E-W streichenden Klüften und geben dem Tal die Hauptrichtung.

Das Bild zeigt die linke Talwand oberhalb der Alpe Redorta.



Abbildung 23

Val Carecchio: der unterste Teil dieses Tales, bis zur Mündung bei Cognora, ist eine Klamm, deren Entstehung auf eine NE streichende Bruchzone zurückgeht.



Abbildung 24

Die postglaziale, fluviatile Erosionsleistung ist gering, wie dieser Bacheinschnitt im Val Carecchio, etwas unterhalb Valle, zeigt.



7.2. Die Talböden

Nachdem präglazial ein fluviatiles Hochverflachungsrelief angelegt worden war, erfolgte während den Eiszeiten, unterbrochen von fluviatiler Bearbeitung in den Zwischeneiszeiten, eine starke glaziale Ueberformung und Uebertiefung.

Postglazial wurden dann die ursprünglichen Trogformen durch weitere fluviatile Erosion aber auch Akkumulation, sowie durch Massenbewegungen verändert. Diese Vorgänge führten zur heutigen Form der Talböden.

7.2.1. Akkumulation

Die Aufschotterung zwischen Frasco und Sonogno dürfte durch die Stauung der Verzasca, durch die Sackungsmassen von Cortascio/Lorentino zustande gekommen sein.

Durch den Bergsturz von Brione wurde quer durch das Tal ein natürlicher Damm gelegt, der, auch wenn er nicht vollkommen dicht gewesen sein sollte, doch einen See, der bis gegen Frasco hinauf reichte, geschaffen haben dürfte. Dieser See verfiel einer langsamen Aufschotterung, so daß heute eine 500 m breite, über 4 km lange Alluvialebene entstanden ist, in die sich die Verzasca bereits wieder beträchtlich eingeschnitten hat.

Eine Aufschotterung S der Bergsturzschwelle von Brione hatten auch die Sackungen zwischen Motta und Aquino zur Folge, da der Sackungsschutt bis ins Bachbett hinunterreichte und von der Verzasca erst wieder durchschnitten werden mußte.

Bergsturmassen des Bergsturzes vom P. delle Pecore bewirkten eine Stauung des Osolabaches, so daß heute der obere Teil des Valle d'Osola eine Alluvialebene bildet. Das Wasser des Osolabaches versickert in ihrem S Teil vollständig. Es tritt weiter unten als große Flußquelle zu Tage.

Zur Akkumulation können auch die vielen Schuttkegel der Seitenbäche und der Hangschutt, der regelmäßig den Fuß des Talgehänges meterhoch eindeckt, wobei sich darunter meistens noch Moränenschutt befinden dürfte, gezählt werden.

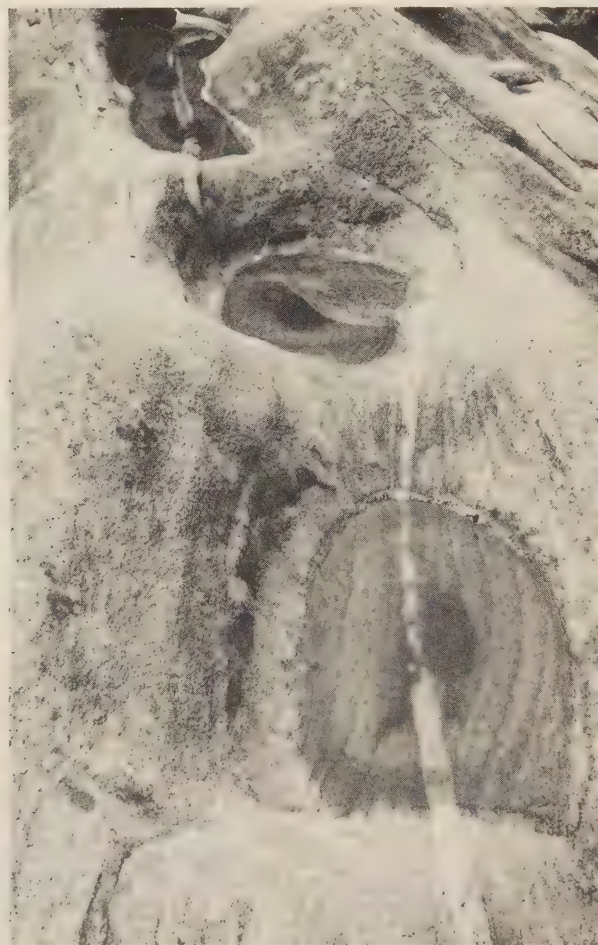


Abbildung 25

Auch die Kolk-Ketten bei Lavertezzo halten sich an vorgezeichnete Schwächezonen: Pegmatitgänge.

7.2.2. *Erosion*

Die postglazialen, fluviatilen Erosionsleistungen sind gering (Abbildung 24). Sie zeigen sich in kleinen, höchstens wenigen Metern tiefen Kerben bei Steilstufen und in unzähligen Kolken.

Die tiefen Klamm einiger Seitenbäche und die Mündungsklamm des Hauptflusses halten sich immer an Bruchsysteme. Dabei fließt das Wasser in der Regel im Wechsel zwischen Streichrichtung und dazu senkrecht stehender Kluft.

Wie Abbildung 25 zeigt, halten sich sogar die Kolk-Ketten an solche Schwächezonen.

7.2.3. *Zusammenfassung*

In den heutigen Talböden sind glaziale Formen durch postglaziale Akkumulations- und Erosionsvorgänge verwischt.

Die postglaziale, fluviatile Erosion ist gering. Stufenlose Einmündungen ins Haupttal liegen immer in Schwächezonen.

8. Beiträge zur Talgeschichte

8.1. *Das Primärrelief*

Beziehungen zu einem tektonisch bedingten Primärrelief (STAUB, 66) erkennen wir in der Tatsache, daß unser Gebiet auch heute noch eine Gipfelflur zeigt, die am P. Campo Tencia kulminiert. Die Wasserscheide dürfte im Miocaen kontinuierlich gegen N verlegt worden sein.

Zu Beginn des Miocaens zeigte nach STAUB das Gebiet der Verzasca bereits eine S-Entwässerung, während im benachbarten Tessintal die Bäche, bis und mit dem Riale d'Iragna (Val d'Ambra), einer Ur-Linth tributär waren. Im Maggiatal entwässerte sich der N Teil (Val Bavona, REIST, 57) noch zur Ur-Aare.

Wir dürfen daher in Übereinstimmung mit STAUB annehmen, daß die Gipfel mit ihrem allmählichen Ansteigen gegen N, grob das Bild der spät-miocaenen Oberflächenform unseres Untersuchungsgebietes wiedergeben.

8.2. *Die Zeit der großen Verflachungen*

Die beiden von GYGAX (31) festgestellten Verflachungssysteme (Pettanetto- und Bedretto-Niveau), die in diese Zone hineingehören, wurden präglazial angelegt. Eine zeitliche Einstufung nahm GYGAX ebenfalls vor. Er schreibt: «... Nach Lautensach fällt die Ausbildung der Pettanettoflächen ins Pliocaen. Die Pettanettoanlage läßt sich parallelisieren mit dem Simmenfluhniveau von Beck, dessen Entwicklung von Beck ins Miocaen gestellt wird...» «Die Parallelisierung mit den Arbeiten von P. Beck ergibt, daß das Bedrettoniveau dem Burgfluhniveau entspricht, welches ins Präglazialpliocaen zu setzen ist. Sicher handelt es sich um eine präglaziale Talanlage; es lassen sich ... die Bedrettoeste stufenlos in die Seitentäler hineinverfolgen.»

Vor den beiden Eintiefungsphasen haben im Alpenkörper jeweils Hebungen stattgefunden, welche die Eintiefung einleiteten, während anschließend längere Stagnations- und damit Einebnungsperioden folgten.

Die Landschaft dürfte am Ende dieser Verflachungsperioden einen ausgereiften Zustand erreicht haben.

Die Ergebnisse der absoluten Altersbestimmung der Glimmer im Verzascatal durch JÄGER (39) geben für diese ein Alter von 16 ± 1 Mio. Jahren an. Das würde für unser Gebiet bedeuten,

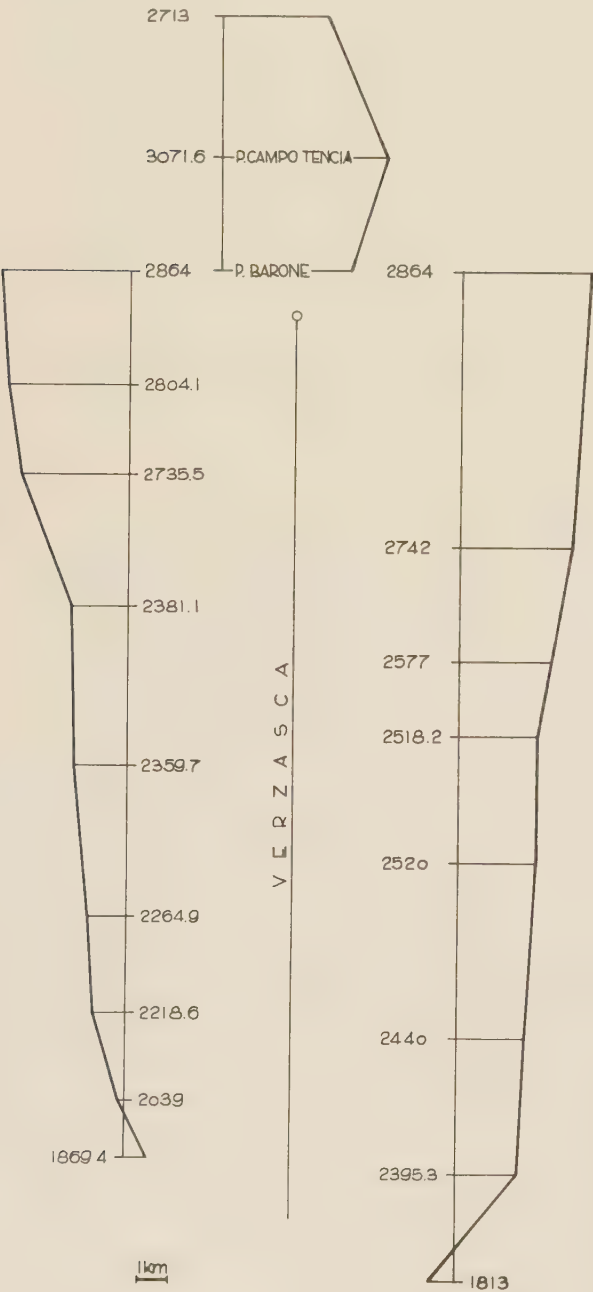
daß den Einebnungsphasen eher eine kürzere Zeitspanne, wie das bereits LAUTENSACH (43) vertrat, einzuräumen wäre. Der Beginn der Pettanettoeintiefung könnte demnach in Pliocaen fallen.

8.3. Die Periode der Uebertiefung

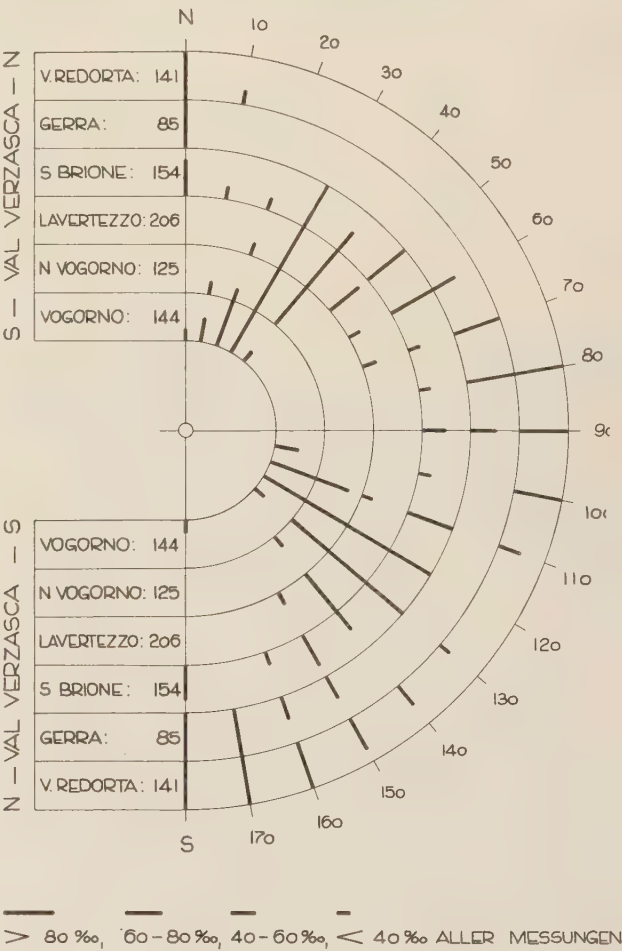
Mit der Zeit der Uebertiefung wurde in der Geschichte des Val Verzasca eine neue Periode eingeleitet. Der Beginn dieser Uebertiefungsphase wird allgemein mit dem Beginn der Eiszeiten gleichgesetzt.

Aus dem Unterschied der morphologischen Formen zwischen der Zone der großen Verflachungen und dem übertieften Taltrog geht deutlich hervor, daß für diese neuen Formen auch andere Kräfte verantwortlich gemacht werden müssen. Zu diesen neuen Kräften gehören das Gletschereis und, wie wir im Kapitel 7.2. gesehen haben, die intensive Bruchtektonik, die vor allem im Taltrog sehr wirksam ist. Erst durch das Zusammenwirken beider Faktoren läßt sich das Zustandekommen der vielen neuen Formen erklären.

Figur 6
DIE GIPFELFLUR DER VAL VERZASCA
SCHEMATISCHE DARSTELLUNG



Figur 7
KLUFTDIAGRAMM MIT ORT UND ANZAHL MESSUNGEN



8.3.1. Bruch- und Kluftzonen

In «Geologische Beschreibung der Tessiner Alpen zwischen Maggia- und Bleniotal» (51) schreiben GRÜTTER (26) und PREISWERK (52): «Ein junges (postalpines) Element im Bauplan des Kartengebietes stellen die bis heute im allgemeinen wenig beachteten, in ihrer regionalen Bedeutung noch nicht erfaßten Brüche dar, die oft auch morphologisch deutlich hervortreten.»

Und KÜNDIG (40) schreibt im gleichen Werk:

«Der Ausgang des Verzascatales scheint ähnlich wie die Val Morobbia durch Verwerfungen und begleitende Mylonitzonen bedingt zu sein.»

In jüngeren Arbeiten, die im Gebiet der gleichen tektonischen Einheiten entstanden sind, weisen BEARTH (7), BUCHMANN (14, 15), REIST (57), BINGGELI (11) und ZELLER (77) ebenfalls auf solche Bruch- und Ruschelzonen in ihren Gebieten hin. Diese Zonen werden überall gleich charakterisiert:

- Sie nehmen einen geradlinigen, von der Tektonik unbeeinflussten Verlauf: postalpines Alter.
- Sie stehen im allgemeinen steil, vielfach senkrecht.
- Sie haben bevorzugte Streichrichtungen: ENE, N-S bis NNW.
- Sie treten morphologisch deutlich hervor.

Aus unserer morphologischen Karte (Karte 3) gehen als Hauptelemente die «Markanten morphologischen Linien: Brüche, Klüfte» hervor. Das ist durchaus beabsichtigt, sind es doch die Linien, die auch in der Natur das Bild beherrschen. Da die Brüche in unserem Gebiet im allgemeinen steil stehen, gibt die Karte auch ein gutes Bild über deren Streichrichtung. Dabei dürfte man ohne weiteres noch einen Schritt weiter gehen und die einzelnen Bruchlinien, die auf der Karte nur dort eingezeichnet wurden, wo sie im Gelände tatsächlich aufgeschlossen vorliegen, miteinander zu einem einzigen Bruch verbinden, so daß dann z. B. eine «P. Rasia-Ruschelzone» von der Alpe Osola über Barbui — Gemogna — Passo della Ciossa — Alpe Cardedo — Cazzai — Haupttal — nach der Alpe Pampinedo ziehen würde.

Systematische Kluftmessungen (Figur 7) zeigen, daß auch bei uns die N-S-, E-W-, SE-NW- und die SW-NE-Richtungen bevorzugt werden. Dabei fällt auf, und das geht auch aus dem Kluftdiagramm hervor, daß im S Teil des Val Verzasca die WNW- und NNE-Richtungen, während, nach allmählichem Umbiegen im negativen Drehsinn, gegen N die NNW- und ENE-Richtungen wirksam werden.

Zuordnung einzelner Zonen zu den wichtigsten Richtungen:

NW

Corte di Fondo — Passo Campala

Klüfte am Made. Grosso

Sackungsgebiet von Valdone

La Marcia — Alpe Cardedo — Val Redorta

Bergsturzwand bei Brione — Talwände in der Valle d'Osola

SW-Wand des P. d'Alnasca — Graben bei Alnasca

Püscen Negro — Corona di Redorta

Klüfte an der Cima Lunga

Alpe Rognoi — Eos — Capa di Bédoi — Guglia — Alpe Cremenéz — Val Motto

P. Eos — Forno — Scingin — Csello. Marasci

Corippobach bei Corippo

Val della Porta — Vogorno — Pianescio — Krete S P. di Corbella

Valle della Cazza — Val Mergoscia

Tälchen S Mergoscia

NE

Lago di Porcheiro

Rinnen von Lorentino/Cortascio — P. Scaiee — Lago d'Efra — Corte di Cima

Gerra — Aghei

Kluft bei Tencio
 Brione — Csello. Marasci — Pzi. di Rabbioso
 Bachrinne Motta — P. d'Alnasca
 Alpe Mugaglia — Cima di Cagnone — Cabione — Cima Bianca
 Val Motto
 Alpe Sambuco
 Alpe Osola — P. Albèr
 Alpe Osola — Barbui — Gemogna — Passo della Ciossa — Alpe Cardedo — Cazzai —
 Haupttal — Alpe Pampinedo
 Orgnana-Kessel
 Talwände im Val Pincascia
 S P. di Corbella — La Mara — Aquino — Val d'Agro
 Bachlauf bei Corippo
 Alpe Mognora
 Querklüfte bei Mergoscia
 N-S
 Lago Barone
 Mündungsklamm der Verzasca
 Scharfen im Grat Monte Zuccherò — P. Rasia
 Orgnana-Kessel
 Alpe del Bosco — Val Pincascia
 Piano dei Nicci — Alpe Cornavosa
 Bachrinnen vom Val della Porta zum P. di Vogorno
 E-W
 Lago Barone
 P. di Mezzodi — Val Vogornesso
 P. Cramosino — Val Vogornesso
 Talflanken im Val Redorta
 Mugaglia-Kessel
 Bergsturzgebiet am P. delle Pecore
 Rechte Talseite des Valle d'Osola
 Fumegne-Kessel
 Pne. del Vanno — Alpe del Bosco — Capa di Bédoi
 Klüfte am Pne. dei Laghetti

8.3.2. *Brüche und Uebertiefung*

Mit dem Ende des Pliocaens, das wir mit dem Ende der zweiten Einebnungsphase (Bedretto-System) gleichsetzen, hatte die alte Talanlage einen ausgereiften Zustand erreicht. Wie wir auf Grund der alten Gratumrandung noch heute feststellen können, beherrschten die NW- und NE-Richtungen das Bild. Diese Hauptkluftrichtungen dürften also in beschränktem Maße bereits zur Zeit der großen Verflachungen wirksam gewesen sein.

Mit dem Beginn der Uebertiefungsperiode (Quartär), wurden neue Kräfte wirksam, welche die bestehenden Brüche und Klüfte wieder aktivierten oder neue anlegten.

Daß die Durchklüftung mit Beginn des Quartärs neu einsetzte, beweisen die zahlreichen kluftbedingten Entwässerungsrinnen, die sich nicht an die alten, während der Eintiefungsphase entstandenen Gratumrandungen halten, sondern schief zu ihnen verlaufen.

Zu Beginn des Quartärs fand, wie allgemein angenommen wird, eine neuerliche Hebung des Gebirgskörpers statt. Eine Intensivierung der Durchklüftung war die Folge. Bereits vorhandene Systeme wurden verstärkt, andere neu gebildet.

Nimmt man die endogene Entstehung der Klüfte als richtig an (SONDER, 65), — eigene Beobachtungen im Untersuchungsgebiet lassen dies als wahrscheinlich erscheinen — so treffen die erodierenden Kräfte mit jedem tieferen Eindringen in den Untergrund auf stärker zerrüttete Zonen. Durch die quartäre Hebungsphase wurde der Durchbruch an die Oberfläche beschleunigt.

Die Belastung durch die Eismassen und die großen Schwereanomalien (51) dürften weitere Bewegungen begünstigt oder selber ausgelöst haben.

Diese Intensivierung der Gesteinsauflösung in bevorzugten Zonen und die dazu kommende Eiserosion sind Wirkungsfaktoren, welche die neuen Formen im Gebiet der Uebertiefungen befriedigend erklären lassen.

Die Uebertiefungsarbeit durch den Gletscher war also weniger eine hobelnde und schleifende, als vielmehr eine ausräumende. In vorgezeichneten Schwächezonen, die sich meist an die Hauptkluftrichtungen hielten und weitgehend geradlinig verliefen, hatten die Eismassen nur noch das aufgelöste Felsmaterial auszustossen.

Wir haben bereits bei der Entstehung der Seen in unserem Gebiet gezeigt, daß auch dort die Bildung der Kare an durch Klüftung prädestinierte Stellen gebunden ist.

Im Taltrog sind es nun die parallelen, geradlinigen, in den Kluftrichtungen liegenden Wände, die darauf hindeuten, daß es sich hier um die Wände ausgeräumter, tektonischer Gräben handelt.

8.4. *Die postglazialen Vorgänge*

Nach dem Rückzug der Gletscher wurde der mit Moränenmaterial bedeckte Talboden durch Massenbewegungen (Bergstürze, Sackungen), Steinschlagschutt und Aufschotterung überdeckt. Anschließend folgte eine bis heute andauernde Periode der Erosion durch die Verzasca, die sich bei Brione schon wieder stark in die Alluvialebene eingeschnitten hat.

Auch tektonische Bewegungen dürften weiterhin stattgefunden haben. Die Eisentlastung, und vor allem die Schwereanomalien, mit einem großen Massendefizit im N, machen dies wahrscheinlich.

8.5. *Uebersicht über die Talgeschichte*

Tertiär	Miocaen	Ausbildung eines stark an die tektonischen Komplexe gebundenen Primärreliefs: Gipfelflur.
	Miocaen oder Pliocaen	Erste Eintiefungs- und Einebnungsphase: Pettanettoniveau.
	Präglazial-Pliocaen	Zweite Eintiefungs- und Einebnungsphase: Bedrettoniveau.
Quartiär	Glazial	Hebung des Gebirgskörpers mit gleichzeitiger neuer Zerrüttung. Anschließend Ausräumen der Schwächezonen durch Gletscher. Das vorhandene Sobrioniveau teilt den Vorgang wahrscheinlich in zwei Phasen.
	Postglacial	Labile Formen werden ausgeglichen: Massenbewegungen. Anschließend Akkumulation und Erosion im Taltrog.

9. Zusammenfassung der Ergebnisse

9.1. *Die große morphologische Gliederung*

Im Val Verzasca lassen sich drei große morphologische Teile unterscheiden:

— Zone der Gipfel und Gräte

- Zone der großen Verflachungen
- Taltrog

Die Zone der großen Verflachungen kann in zwei Terrassensysteme gegliedert werden: Petta-netto- und Bedretto-Niveau.

Im Taltrog sind Reste einer interglazialen Einebnungsphase vorhanden: Sobrio-Niveau.

9.2. *Gipfel und Gräte*

Die im Untersuchungsgebiet vorhandene Gipfelflur zeigt ein treppenartiges Ansteigen gegen N, das tektonisch (Gesteinslagerung) und morphologisch (Durchtalungsgrad) bedingt ist. Lagerung, Klüftung und Gesteinsausbildung sind für die Formen der Gipfel und Gräte, sowie für die örtliche Festlegung der Scharten verantwortlich.

Die Gipfel- und Gratregion ist, besonders im S Teil des Untersuchungsgebietes, von untergeordneter Bedeutung.

9.3. *Die großen Verflachungen*

Die untersuchten Seebecken sind alle auf tektonisch bedingte Störungszonen zurückzuführen. Sie liegen an prädestinierten Stellen.

Bei den vorhandenen Blockströmen konnten nirgends Anzeichen von rezenten Bewegungen festgestellt werden.

9.4. *Der Taltrog*

Das ganze Tal, insbesondere der Taltrog, ist von Bruch- und Kluftzonen durchsetzt. Morphologisch manifestieren sie sich in Bergstürzen, Sackungen, Rutschungen, Tobeln, Gräben und im weitesten Sinn in der allgemeinen Anlage der Täler.

In den heutigen Talböden sind glaziale Formen durch postglaziale Akkumulations- und Erosionsvorgänge verwischt. Die postglaziale fluviatile Erosion ist gering. Stufenlose Einmündungen ins Haupttal liegen immer in Schwächezonen.

Die festgestellten Klufrichtungen streichen NW, NE, W-E und N-S.

9.5. *Klüftung und Talanlage*

Die Klüftung war bereits zur Zeit der großen Verflachungen wirksam. Die Talachse verlief zu dieser Zeit allgemein NW-SE, wobei das Valle d'Osola die natürliche Fortsetzung des Haupttales darstellte.

Mit Beginn der Zeit der Uebertiefung wurde die Durchklüftung reaktiviert und intensiviert.

9.6. *Die Erosionswirkung des Eises*

Die Gletschertätigkeit bestand im Ausräumen vorgezeichneter Schwächezonen.

9.7. *Postglaziale Vorgänge*

Postglazial wurden labile Formen ausgeglichen: größere Massenbewegungen. Anschließend wurde der Taltrog aufgeschottert, später schnitt sich die Verzasca neu in die Alluvialflächen ein.

ZWEITER TEIL

HYDROLOGIE

I. Einleitung

1.1. *Allgemeines*

Im zweiten Teil der vorliegenden Arbeit soll das hydrologische Geschehen im Val Verzasca beschrieben werden. Für die Niederschlags- und Abflußverhältnisse steht ein reiches Meß- und Beobachtungsmaterial aus den Jahren 1956—1965 zur Verfügung.

1.1.1. *Niederschläge*

Im Sommer 1956 wurde unter Leitung von Herrn Prof. Gygax mit dem Aufbau eines Totalisatorennetzes begonnen, das im Jahre 1958 stark ausgebaut wurde. Wir können heute auf eine 10jährige Meßtätigkeit zurückblicken. Es sei aber gleich festgestellt, daß im ersten Jahr, bedingt durch verschiedene Anlaufschwierigkeiten, die Meßresultate nicht immer komplett waren. Die fehlenden Werte wurden später zu Vergleichszwecken durch Extrapolation ermittelt. Für die statistische Auswertung wurden sie jedoch nicht benützt.

Die Finanzierung der Messungen ist den folgenden Stellen zu verdanken:

Verzasca SA, Lugano
Baudepartement des Kantons Tessin
Geographisches Institut der Universität Bern

Daneben ermöglichten meine Kameraden, die sich immer wieder freiwillig und ohne Anspruch auf Entschädigung für Meß- und Trägerarbeiten zur Verfügung stellten, erst das lückenlose Beobachten. Ihre Arbeit, die nicht immer nur unter erfreulichen Verhältnissen stattfand, sei hier bestens verdankt.

1.1.2. *Abfluß*

Seit dem Jahre 1929 wurden durch Ingenieur Ghezzi bei der Officina elettrica della città di Lugano, presa di Corippo, Abflußmessungen vorgenommen. Die Resultate stehen, ausgewertet auf die Kalenderjahre, bei der Verzasca SA, Lugano, zur Verfügung.

Ab 1955 übernahm der Direktor des Geographischen Instituts der Universität Bern, Herr Prof. Gygax, diese Aufgabe. Die Limnigraphenregistrierungen sind seither im Geographischen Institut archiviert.

Im Jahre 1962 wurden durch die Verzasca SA noch vier weitere Abfluß-Stationen mit Meß-Seilbahnen und Limnigraphen-Stationen in

Lavertezzo:	Drei Lavertezsobäche
Brione:	Osolabach
Val Redorta:	Redorta
Val Vogornesso:	Verzasca

errichtet. Trotz der leider nur kurzen Beobachtungsdauer liefern diese vier Stationen wertvolle Anhaltspunkte über das Abflußgeschehen in den Seitentälern und zuverlässige Vergleichswerte.

Dieses umfangreiche Material, sowie die Niederschlags-Resultate der MZA der Stationen Sonogno (1901—1930) und Frasco (ab 1957), wurden in der vorliegenden Arbeit verwertet.

1.2. *Flüsse und Seen*

Karte 4.

Im Einzugsgebiet der Verzasca, mit seiner intensiven Durchklüftung, ist die Befolgung dieser vorgezeichneten Schwächezonen durch die Bäche gegeben.

Die Flußdichte im Untersuchungsgebiet kann, verglichen mit andern Tessinerwerten aus ähnlichen Verhältnissen, als normal bezeichnet werden:

Verzasca	1,748 km km-2
Leventina	1,2 km km-2
Onsernone/Vergeletto	2,3 km km-2

Keine wesentliche Bedeutung für den Wasserhaushalt des Gebietes haben die zehn kleinen Seelein. Der größte, der Lago Barone, hat eine Länge von 400 m und eine Breite von 250 m. In den Jahren 1960—1964 entstand aber im Mündungskamm bei Vogorno ein künstlicher See. Eine 220 m hohe Bogenstaumauer mit einer Kronenhöhe von 473,5 m und einer Kronenlänge von 380 m staut einen See von 105 Mio. m³ Inhalt zum Bacino di Vogorno auf, ein See, der sich gut ins Landschaftsbild einfügt und dem wilden Tal einen neuen Akzent gibt. Die berechnete Energieproduktion beträgt 230 Mio. Kilowattstunden im Jahr, das Stauziel 470 m.

1.3. *Das hydrologische Jahr*

Die mittlere Höhe unseres Einzugsgebietes bis zur Abfluß-Station bei Corippo beträgt 1680 m. Diese mittlere Höhenlage, die Unzugänglichkeit einzelner Rezipienten im Hochwinter und das langsame Abschmelzen verschiedener Altschneerücklagen veranlaßten uns, unseren Berechnungen als Zeiteinheit das *hydrologische Jahr*, beginnend am 1. Oktober, zugrunde zu legen. Es werden so, nach unseren Beobachtungen, alle Rücklagen des Winters als Abfluß noch im gleichen Jahr erfaßt; denn am 30. September befinden sich jeweils keine Schneerücklagen mehr im Gebiet.

Den Niederschlagsmessungen und den Niederschlagskarten wurde von Anfang an das hydrologische Jahr zugrunde gelegt. Die Abflußmessungen basierten jedoch auf dem Kalenderjahr, was eine Neuberechnung der Jahresabflüsse bedingte.

1.4. *Statistische Methoden*

Um die Abhängigkeit einzelner Wertepaare vergleichen zu können, wurde jeweils die Regressionsgerade gebildet. Es konnte in allen zu besprechenden Fällen eine gute, lineare Abhängigkeit festgestellt werden.

2. Niederschlag

2.1. *Die Niederschlags-Stationen und ihre Bedienung*

Wir verwendeten in unserem Untersuchungsgebiet drei Typen von Meßgeräten zur Registrierung der Niederschläge:

Hochgebirgtotalisatoren des Modells MZA, Billwiler/Maurer, dienen der totalmäßigen Erfassung der Jahresniederschläge an im Winter oft unzugänglichen Orten.

Die Beschickung erfolgte jeweils im Juli oder August, die Stichmessungen jeweils Ende September, anfangs Oktober.

Als Gefrierschutz dient eine Ca Cl₂ Lösung, als Verdunstschutz Vaselineöl.

Als Talstationen dienen kleine *Monatstotalisatoren*, die im Maximum 60 cm Monatsniederschlag registrieren können. Sie stehen bei Cabione, Püscen Negro, Sonogno, Aghei, Brione, Forno und Presa di Corippo. Die Ablesungen erfolgten monatlich durch Americo Bernardasci aus Frasco und später durch Aldo Mozetti, Presa di Corippo.

Die Meßresultate des Monatstotalisatoren der Centrale meteorologica Svizzera, Locarno-Monti in Frasco, standen uns ebenfalls zur Verfügung.

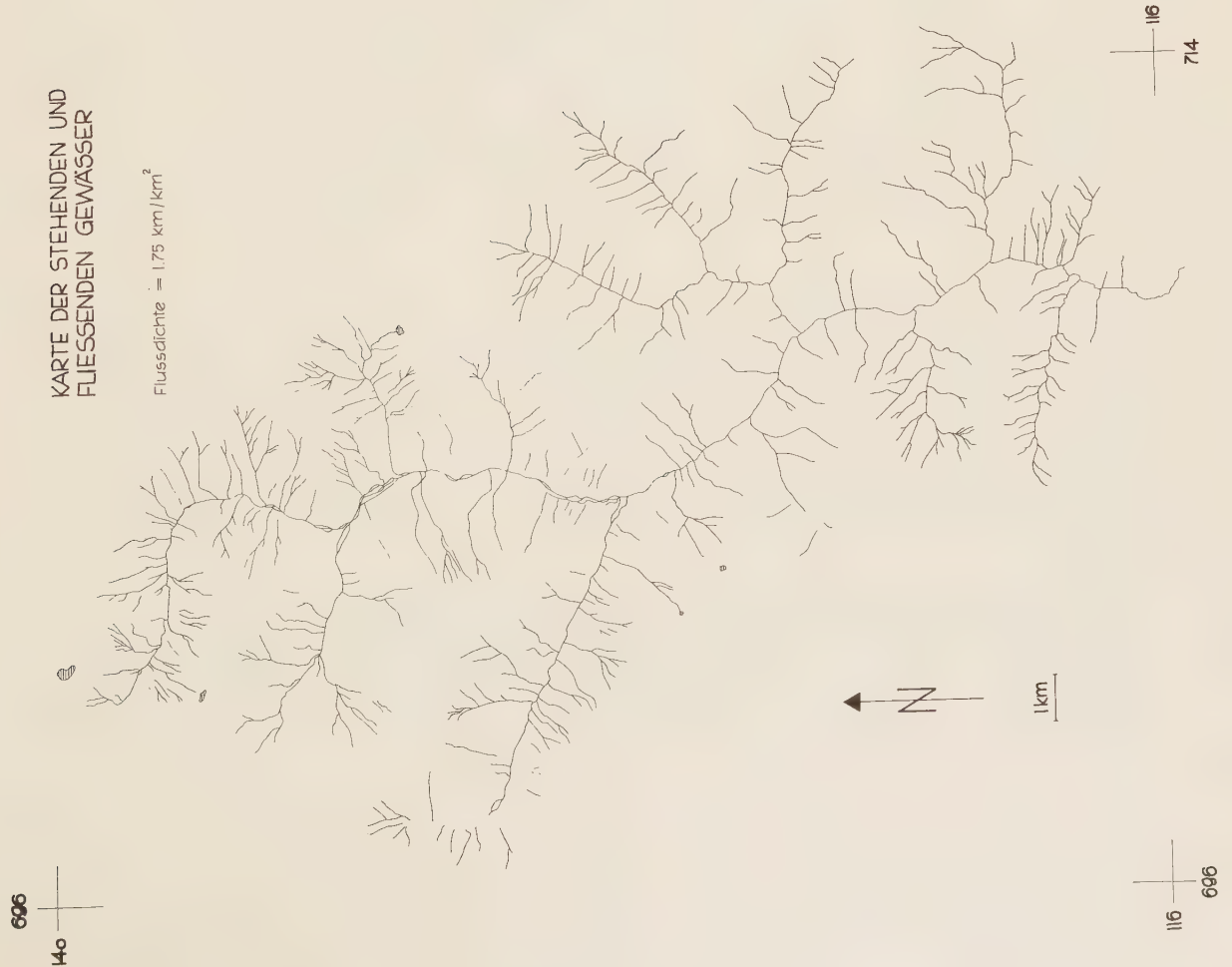
In Sonogno besitzen wir neben dem Monatstotalisatoren eine *Ombrographenstation*, bedient und kontrolliert durch Herrn Betriebsleiter Walter Braun, Tenero.

In Frasco wurde später durch die Centrale meteorologica Svizzera ebenfalls eine Ombrographenstation aufgestellt. Die Streifen wurden uns jeweils zur Einsichtnahme überlassen. wofür wir Herrn Thams bestens danken.

Karte 4

KARTE DER STEHENDEN UND
FLIESSENDEN GEWÄSSER

Flussdichte = 1,75 km/km²



Karte 5

KARTE DER NIEDERSCHLAGSMESSE



2.2. *Das Netz der Stationen*
Karte 5, Tabelle 3.

Im Sommer 1956 wurden alle Monatstotalisatoren und fünf große Stationen aufgestellt. Im Herbst 1958 erfolgte eine Ergänzung durch zehn weitere große Stationen. Zusammen mit der, seit dem Jahre 1957 im Betrieb stehenden Station in Frasco, besitzen wir heute ein recht engmaschiges Netz von 15 großen und 8 kleinen Stationen.

Tabelle 3
Verzasca Niederschlags-Stationen

Station	Höhe	Betriebszeit	Standort
1. Corte di Fondo	1540	1956—1965	702 650 / 137 950, 250 m NW der Hütten bei Pt. 1487 auf der Alpe Corte di Fondo.
2. Redorta	1730	1958—1965	699 700 / 135 550, 50 m NW der Hütte bei Pt. 1714 auf der Alpe Redorta.
3. Mugaglia	1630	1956—1965	700 150 / 134 450, 300 m NNW der Hütten b. Pt. 1513 im Kessel der Alpe Mugaglia
4. Efra	1440	1958—1965	707 650 / 133 600, 650 m NE der Hütten bei Pt. 1218,3 auf Montada.
5. Gerra	1240	1958—1965	704 250 / 131 500, zwischen Pt. 1109 und 1272 auf der Alp NW Gerra (Monte Valdo).
6. Osola	1420	1956—1965	698 400 / 130 800, unmittelbar S der Hütten 1415 auf der Alpe Osola.
7. Orgnana	1530	1956—1965	705 550 / 123 300, 200 m NE der beiden Hütten E der Alpe Orgnana.
8. Fumegne	1494	1958—1965	709 700 / 129 400, direkt bei den Hütten bei Pt. 1494, Fumegne.
9. Pincascia	1110	1956—1965	710 950 / 126 650, im Raume der Hütten bei Pt. 1135,8, Pincascia.
10. Valle	995	1958—1965	711 250 / 124 050, 100 m SE Pt. 1062,8 bei Valle.
11. Corippo	1000	1958—1965	707 100 / 121 400, 200 m E Pt. 1036 zwischen Costa und Rovasco.
12. Bardughè	1638	1958—1965	710 550 / 121 750, auf großem Block zwischen den Hütten bei Pt. 1638, Bardughè.
13. Mognora	1680	1958—1965	714 300 / 120 400, 50 m W des Wegleins, das vom Starlaresciosattel nach Corte di Fondo im Val della Porta führt, unmittelbar bevor der Weg den N Punkt erreicht.
14. Monti di Motti	1067	1958—1965	710 350 / 117 250, 50 m E der neuen Kapelle auf Monti di Motti.
15. Bresciadiga	1110	1958—1965	706 800 / 118 900, 100 m ESE Pt. 1128 bei den Hütten von Bresciadiga.
16. Cabione	1110	1956—1965	704 600 / 137 150, 300 m ESE Pt. 1080 bei den Hütten von Cabione.
17. Püscen Negro	1140	1956—1965	701 050 / 034 450, 100 m W des Weges zwischen Fracedo, Pt. 1049, und Püscen Negro, Pt. 1311,9.
18. Sonogno	920	1956—1965	703 700 / 134 000, im Garten des Pfarrhauses in Sonogno.
19. Frasco	890	1957—	705 200 / 132 800, unmittelbar W des Ristorante Efra. Station der Centrale meteorologica Svizzera, Locarno-Monti.
20. Aghei	980	1956—1965	700 700 / 129 400, am Ende des Sträßchens bei der Kapelle 350 m NNW Pt. 950, Aghei.
21. Brione	756	1956—1965	704 150 / 128 150, im Garten E der Kirche von Brione.
22. Forno	890	1956—1965	709 200 / 126 100, N der Weggabelung Val d'Agro - Val Pincascia.
23. Presa	480	1956—1965	708 500 / 122 300, unmittelbar bei der Officina elettrica della città di Lugano, presa di Corippo.

2.3. *Technische Mängel und Fehlerquellen*

Es seien hier nur die wichtigsten resultatverfälschenden Einflüsse zusammengestellt. Näher gingen bereits LÜTSCHG (45), ZINGG (79) und REIST (57) auf diese Probleme ein.

Windverwehung

Die durch den Windschutzring geschaffene künstliche Windstille genügt nicht immer, um die starke Windexposition der Auffangfläche, die sich ca. 3 m über dem Boden befindet, zu neutralisieren.

Gerinnung des Vaselineöls

Nach BOHNER hat das Vaselineöl einen «Stockpunkt» bei ca. –28° C. Dieser Stockpunkt wird, wie wir immer wieder beobachten konnten, durch Verunreinigung und Alterung ungünstig verändert, so daß das Oel oft bereits bei ca. –15° C dick wird. Der darüberliegende Schnee wird z. T. verdunsten.

Einfrieren des ganzen Inhalts

Die Gefrierpunkterniedrigung durch die Chlorkalzium-Lösung geht bis ca. -30°C . Tiefere Temperaturen sind wohl denkbar, wurden jedoch nie beobachtet, hätten aber ebenfalls eine Verdunstung der Schneesicht, die über dem gefrorenen Rezipienteninhalt liegt, zur Folge.

Einschneien der Apparate

Ergeben nach REIST (57) große Mehrwerte. Ein Einschneien konnte in unserem Untersuchungsgebiet nie festgestellt werden.

Deformation der Apparate

Im Untersuchungsgebiet wurde zum ersten Mal im Sommer 1965 ein Rezipient durch Stein-schlag beschädigt. Der Apparat wurde im Herbst des gleichen Jahres ersetzt.

Die verfälschenden Faktoren der unter Alinea 1, 4 und 5 aufgeführten Einflüsse können durch eine geeignete Standortwahl weitgehend auf ein erträgliches Maß reduziert werden.

2.4. *Die Niederschlagsmessungen im Winterhalbjahr*

«Die Frage der Niederschlags-Messungen im Hochgebirge ist in erster Linie eine Frage der Schneemessungen.» (ZINGG, 79).

Unser Untersuchungsgebiet liegt zwar nicht direkt im Hochgebirge, doch zeigten zahlreiche Vergleichsmessungen zwischen den Wasserwerten der gefallenen Schneedecke und dem Totalisatorinhalt Differenzen, die uns von der Richtigkeit dieser Forderung überzeugten (vergleiche auch LÜTSCHG 45, REIST 57 und BINGGELI 11).

Während unserer Meßarbeit nahmen wir regelmäßig in den Monaten Dezember/Januar (Winterferien), Februar (Sportferien) und März/April (Frühlingsferien) Schneemessungen und Wasserwertbestimmungen vor. Die aus den Schneemessungen ermittelten Resultate wurden als Winterniederschlags-Höhen für den betreffenden Totalisator-Standort verwendet.

Unsere Arbeitsmethode entspricht derjenigen von REIST (57) und BINGGELI (11), d. h. Ende Dezember oder anfangs Januar wurde die zu dieser Zeit meist geringe Schneedecke in unmittelbarer Nähe des Totalisators mit Mineralfarberde gekennzeichnet: Meßbasis. Im Februar, respektive Ende März, je nach Station, wurde ein Schneeprofil bis zur Meßbasis hinunter erstellt (Figur 8 und Abbildung 26). Für die einzelnen Schneelagen wurde der Wasserwert gewichtsmäßig bestimmt. Aus der erhaltenen Totalwassermenge berechneten wir einen mittleren Wasserwert für die im Zeitintervall gefallene Schneedecke. In der näheren und weiteren Umgebung der Station wurden weitere Schneehöhen mit Sondierstangen gemessen. Das Mittel dieser Messungen ergab eine für den Rezipienten-Standort gültige mittlere Schneehöhe. Aus dieser mittleren Schneehöhe berechneten wir die Niederschlags-Höhe für den Totalisator.

Differenzen zwischen Schneehöhe-Wasserwert und Rezipienteninhalt

Wir stellten Abweichungen in positiver wie in negativer Richtung fest. Abweichungen in positiver Richtung (Wasserwert $>$ Totalisatorinhalt) sind häufiger als Abweichungen in negativer Richtung.

Für die einzelnen Stationen war aus den wenigen Messungen nicht mit Gewißheit eine Tendenz für die Richtung der Abweichungen festzustellen.

Wenn der Totalisatorinhalt als 100% angenommen wird, sind die Abweichungen oft $> 100\%$. Fehler, die bei unserer Meßmethode nicht ausgemerzt werden können und über deren Größe wir nur schlecht orientiert sind:

- Da sich unsere Messungen auf zwei Abstiche (Basisfestlegung zu Winterbeginn und Erstellung eines Schneeprofiles vor Einsetzen der Schneeschmelzperiode) stützen, können Schneeuumlagerungen, kürzere Schmelzperioden während des Winters und die Verdunstung nicht erfaßt werden.
- Dazu kommt, daß begonnene Meßreihen wegen Schlechtwettereinbruches, Lawinengefahr oder persönlicher Verhinderung nicht zu Ende geführt werden konnten.

Trotz intensivem Bemühen besitzen wir heute aus den erwähnten Gründen nur wenige gute und gültige Schneevergleichsresultate.

Neue Möglichkeiten

In den letzten drei Jahren, d. h. seit dem Bestehen der kleinen Abfluß-Station, konnte durch Vergleich mit den Abfluß-Mengen aus den Teilgebieten eine neue Methode der N-Messungen im Winter entwickelt werden, die darauf beruht, daß für ein kleines Teilgebiet die Winter-Niederschläge durch Schneemessungen und Wasserwertbestimmungen genau erfaßt werden. Aus den Abflußwerten, auch aus denen der Schneeschmelzperiode im Frühjahr/Frühsummer (vergleiche Kapitel 4.3.) wird durch die einfache Niederschlagsgleichung

$$N = A + V$$

ein Mittelwert für V bestimmt, der dann auf das ganze Einzugsgebiet der Verzasca übertragen wird. Da die Abfluß-Mengen gut erfaßbar sind, scheinen die erhaltenen und zu erwartenden Resultate diskussionswürdig. Die Arbeiten werden vor allem in dieser Richtung weitergeführt.

2.5. *Die Auswertung der Niederschlags-Resultate*

2.5.1. *Die Meßperiode*

Unsere hier verarbeitete 8-, respektive 5jährige Beobachtungsperiode enthält «nasse» (1957/58, 1959/60) und «trockene» (1956/57, 1961/62) Jahre, so daß die Mittelwerte als für das Untersuchungsgebiet charakteristisch angesprochen werden dürfen.

Die Schwankung innerhalb der 8jährigen Periode (1959/60 = Maximum; 1961/62 = Minimum) erreicht einen Quotienten von 1,8.

2.5.2. *Die Niederschlags-Karte*

Am Ende eines jeden hydrologischen Jahres wurden die Jahressummen der einzelnen Stationen tabellarisch zusammengestellt. Die Mittelwerte der Periode entsprechen dem Quotienten aus der Summe der Niederschlags-Höhen und der Anzahl der zur Summenbildung verwendeten Jahre. Um vergleichbare Resultate zu erhalten, wurden fehlende Werte der Jahre 1956/57 und 1957/58 durch Extrapolation gewonnen und mitberücksichtigt (Tabelle 4).

Tabelle 4
Verzasca 231 km² *Jahressummen des Niederschlages der einzelnen Totalisatoren*

Station	m. ü. M.	56/57	57/58	58/59	59/60	60/61	61/62	62/63	63/64	Mittel Periode
Corte di Fondo	1540	173	257	193	290	234	175	212	201	218
Redorta	1730	(198)	(278)	186	312	238	177	246	220	232
Mugaglia	1630	191	265	204	321	306	194	265	243	249
Efra	1440	(180)	(255)	164	286	259	154	234	225	220
Gerra	1240	(172)	(224)	142	265	224	156	197	199	197
Osola	1420	222	260	201	377	228	194	244	218	243
Orgnana	1530	223	256	242	371	285	191	276	243	261
Fumegne	1494	(200)	(262)	179	355	269	183	250	226	241
Pincascia	1110	182	237	181	295	220	148	234	198	212
Valle	995	(172)	(236)	163	324	239	156	241	207	217
Corripo	1000	(165)	(215)	195	298	225	144	225	185	207
Bardughè	1638	(245)	(273)	267	332	342	176	252	243	266
Mognora	1680	(225)	(251)	198	335	275	163	301	231	247
Monti di Motti	1067	(162)	(187)	164	263	184	131	204	174	184
Bresciadiga	1110	(168)	(210)	175	297	216	140	220	181	201
Cabione	1110	148	206	169	268	222	158	208	184	195
Püscen Negro	1140	181	215	175	286	212	159	216	204	206
Sonogno	920	158	192	170	266	210	154	210	185	206
Frasco	890	(165)	207	156	286	214	144	201	193	196
Aghei	980	168	226	183	289	221	148	220	197	207
Brione	756	185	203	195	296	209	153	197	187	203
Forno	890	187	216	174	297	222	151	225	194	208
Presa	480	165	203	188	276	203	150	206	176	196
Mittel Gebiet	1552	190	251	204	317	250	172	240	215	230

Die korrigierten Jahreswerte bildeten die Grundlage für die zu zeichnende Niederschlags-Karte. Aus der Isohyeten-Karte wurde mit der Interpolationsmethode die Niederschlags-Höhe des Gebietes bestimmt. Aus der Fläche des Einzugsgebietes (188,9 km²) und der mittleren Niederschlags-Höhe berechneten wir die Niederschlags-Masse.

Schließlich wurde aus den Mittelwerten der Jahre 1958/59—1962/63 eine Niederschlags-Karte gezeichnet: Karte 6.

Dabei fällt auf, daß die mittlere Niederschlags-Höhe aus der Durchschnittskarte mit der errechneten Niederschlags-Höhe aus dem Fünfjahresmittel bis auf 2,2 cm, die absoluten Maxima bis auf 1,2 cm, und die absoluten Minima bis auf 2,8 cm übereinstimmen. Dem entsprechend weisen auch die beiden mittleren Niederschlags-Massen nur unbedeutende Differenzen auf. Karte 7 zeigt das typische Bild eines «nassen», Karte 8 das eines «trockenen» Jahres.

2.5.3. Die mittleren Jahressummen des Niederschlages

Die mittlere Niederschlags-Masse für das Gebiet beträgt:

8jährige Periode: 434,1 Mio. m³,
5jährige Periode: 450,9 Mio. m³.

Die entsprechenden mittleren Niederschlags-Höhen betragen 229,8 cm, respektive 238,7 cm.

2.5.4. Die Schwankungen zwischen den jährlichen Maxima und Minima

Tabelle 5

Verzasca/Corippo 188,9 km²

Jahreswerte des Niederschlages

	56/57	57/58	58/59	59/60	60/61	61/62	62/63	63/64	Mittel
N-Masse in Mio. m ³	358,9	474,0	385,4	597,9	471,9	324,3	453,9	406,5	434,1
N-Höhe in cm	190,0	251,0	204,0	316,5	249,8	171,7	240,3	215,2	229,8
Absolutes Maximum	263	325	271	412	322	224	315	294	303
Absolutes Minimum	148	192	153	265	198	144	196	176	184
Schwankungskoeffizient	1,8	1,7	1,8	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7

Als Schwankungskoeffizient sei der Quotient aus dem absoluten Maximum und dem absoluten Minimum eines jeden Jahres verstanden.

Es fällt auf, daß die Schwankungskoeffizienten unter sich annähernd gleich sind. Differenz zum Mittel: $\pm 0,1$. Die relativen Differenzen zwischen den extremen Niederschlags-Höhen scheinen in trockenen wie in nassen Jahren konstant zu sein.

Mit 1,7 ist der mittlere Schwankungskoeffizient in unserem Gebiet nur um wenig höher als die von GYGAX (32) für die Magliasina berechneten 1,55. Der größere Wert ist der Ausdruck für die größeren Höhenunterschiede in unserem Gebiet.

2.6. Die räumliche Verteilung der Niederschläge

Aus allen Niederschlags-Karten der Jahre 1956 bis 1964 gehen vier Gebiete mit Niederschlags-Maxima hervor:

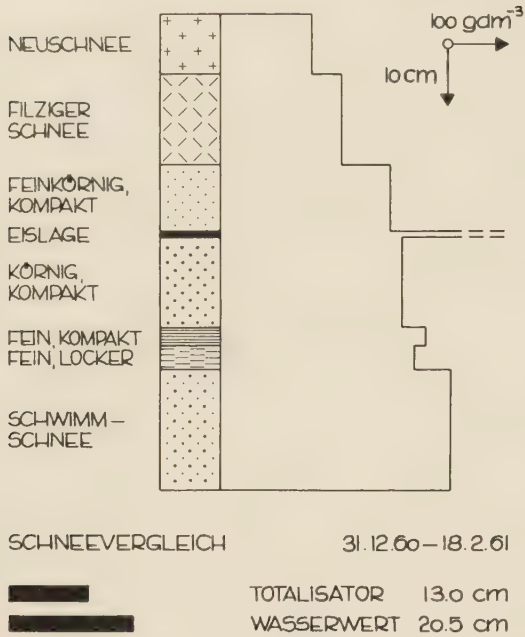
- Die Stauzone SW des P. di Vogorno mit den Stationen Bardughè und Mognora, wo ständig große Niederschlags-Höhen gemessen werden. Die Mittel der 8jährigen Periode liegen bei 266 cm, respektive 247 cm.
- Die W-Abhänge (Lee-Hänge für die regenbringenden SW-Winde) weisen ebenfalls Maxima auf. Die Station Orgnana sammelt jährlich im Mittel 261 cm. Dieses paradox er-

Figur 8

STATION GERRA

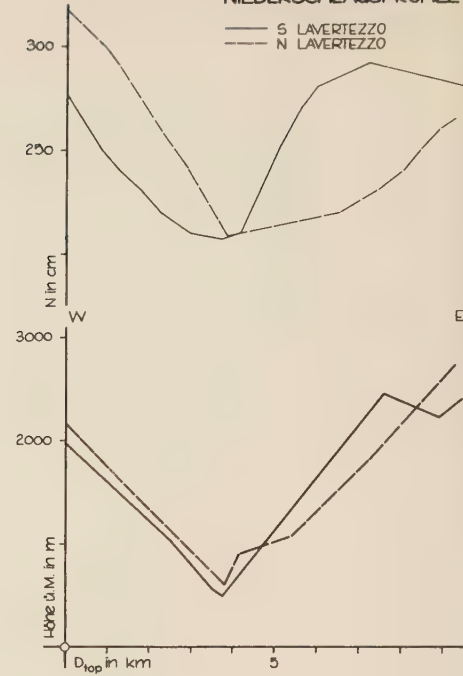
1240 m

SCHNEEBESCHAFFENHEIT UND WASSERWERT



Figur 9

NIEDERSCHLAGSPROFILE



scheinende Maximum ist, wie auch aus der direkten Beobachtung des Wettergeschehens hervorging, auf das Abdrängen der SW-Winde in der Talachse gegen NW zurückzuführen, so daß ursprüngliche Lee-Hänge zu Luv-Hänge werden.

- Ein drittes Maximum messen wir im Osola-Kessel und
- ein viertes im Kessel von Mugaglia durch Stauwirkung des Monte Zucchero.

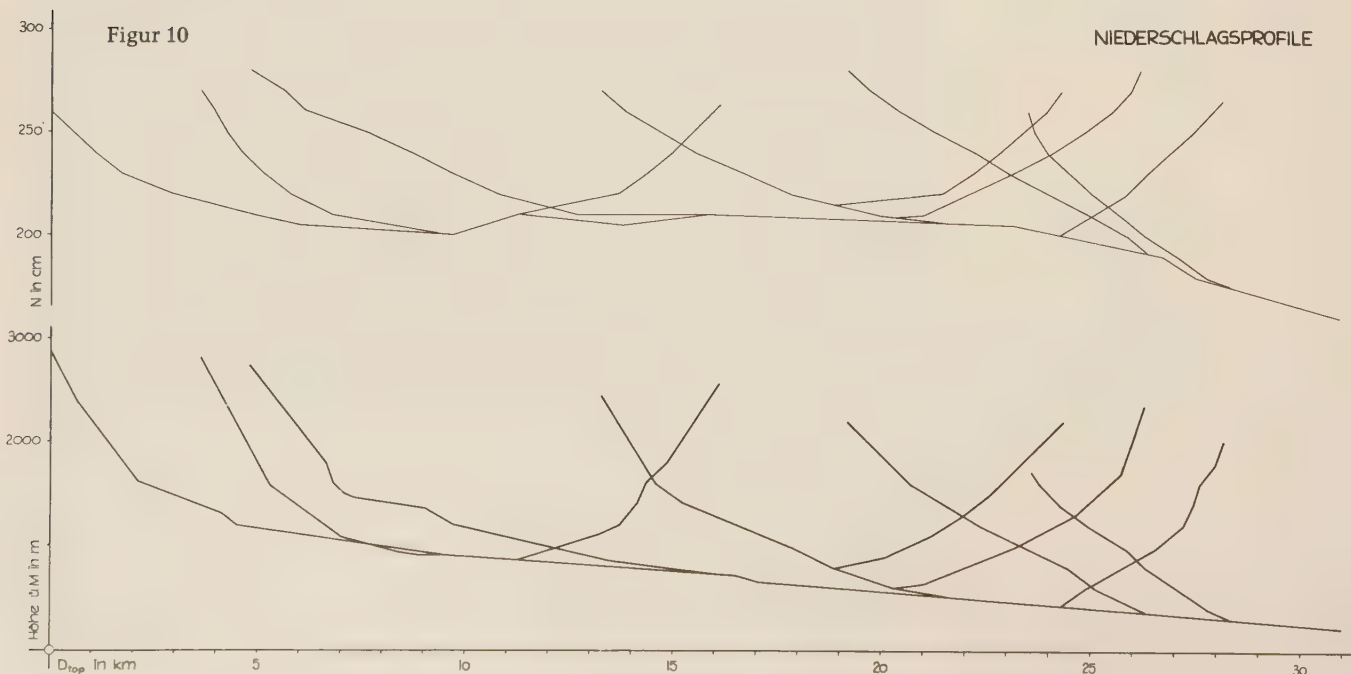
Es fällt auf, daß im untern Teil des Haupttales (S Lavertezzo) die E-Hänge wesentlich mehr Niederschlag erhalten als die W-Hänge: Niederschlag durch Stauwirkung.

Im Talteil N Lavertezzo weisen die W-Abhänge die größeren Niederschlags-Höhen auf (Figur 9).

Die Hauptzugstraße der Niederschläge im Val Verzasca nimmt demnach folgende Richtung: im unteren Talteil SW-Wind mit Stauwirkung am P. di Vogorno. Ab hier Abdrängung der Winde nach NW. Diese SE-Windrichtung wird bis in den Osola-Kessel beibehalten und bringt den W-Hängen und dem Osola-Kessel die erwähnten großen Niederschläge. Dazu kommt im N Val Verzasca eine niederschlagbringende W-E-Strömung, die eine Abnahme der Niederschlags-Höhen von W nach E zur Folge hat.

Figur 10

NIEDERSCHLAGSPROFILE



Das eigentliche Haupttal weist in der Gegend von Gerra bis Frasco ein Niederschlags-Loch auf mit einem mittleren Minimum von 196 cm.

Unabhängig von diesen Ueberlegungen geht aber auch aus allen Niederschlags-Karten und aus den Niederschlags-Profilen (Figur 10) hervor, daß mit zunehmender Meereshöhe auch die Niederschlags-Höhe zunimmt. Die lineare Abhängigkeit ist bei einer Berücksichtigung aller Stationen mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,76 annehmbar. Wir wählen für die Bestimmung des Richtungskoeffizienten die y-Werte (Meereshöhen) als gesichert und gleichen die x-Werte (Niederschlags-Höhen) aus (Figur 11).

Die Gerade heißt:

$$x = 0,05 y + 164$$

oder

$$N = 0,05 MH + 164$$

Werden für die Korrelationsrechnung nur die Stationen in der Hauptzugstraße der Niederschläge berücksichtigt, so wird die Abhängigkeit mit einem Koeffizienten von 0,95 eindeutiger.

Aus der Regressionsgeraden geht hervor, daß pro 100 m Höhenzunahme mit einer Zunahme der Niederschlags-Höhen um 5 cm gerechnet werden darf.

2.7. Die zeitliche Verteilung der Niederschläge

Die Ombrographen-Station in Sonogno wurde eingerichtet, um Einblick in den zeitlichen Ablauf des Niederschlags-Geschehens zu erhalten: Häufigkeit, Dichte, Ertrag, Dauer, Intensität. Die Station lieferte in den ersten Jahren zuverlässige Werte, fiel aber dann während längerer Zeit wegen ungenügender Bedienung aus. Heute wird die Station vorzüglich betreut durch Herrn Betriebsleiter Walter Braun, Tenero. Die nur alle 14 Tage vorgenommenen Kontrollen liegen jedoch vielfach weit auseinander, so daß Mängel im Gangwerk, in der Heizung oder im Schreibmechanismus oft zu spät bemerkt werden.

Es lag daher ganz in unserem Interesse, als die Centrale meteorologica Svizzera, Locarno-Monti, in Frasco eine täglich kontrollierte Ombrographen-Station einrichtete und uns die Meßresultate zur Verfügung stellte.

Die sieben kleinen Talstationen von Cabione, Püscen Negro, Sonogno, Aghei, Brione, Forno und Presa dienten der Registrierung der Monatssummen. Die Ablesung erfolgte durch Einheimische. Auch hier wiesen die Messungen immer wieder Lücken auf. Das relativ dichte Netz von Talstationen, und insbesondere die zuverlässige Vergleichsstation in Frasco, gestatteten uns, fehlende Werte durch Extrapolation mit einer guten Genauigkeit zu ergänzen.

2.7.1. Die monatliche Verteilung der Niederschläge

Eine recht gute Zuverlässigkeit billigen wir den aus der 7jährigen Meßreihe ermittelten mittleren Monatswerten zu (Tabellen 6—13).

Tabelle 6

Cabione

Monatssummen der Niederschläge in mm

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Σ
1957/58	58	283	277	38	104	31	170	293	135	154	345	172	2060
1958/59	270	78	287	105	0	225	260	60	110	133	129	34	1691
1959/60	212	244	241	143	105	155	110	210	188	316	376	380	2680
1960/61	510	262	246	75	107	17	251	151	223	198	110	72	2222
1961/62	302	268	35	74	95	40	165	150	55	40	230	128	1582
1962/63	73	223	66	75	24	112	240	172	310	102	330	353	2080
1963/64	155	575	40	81	76	132	213	74	237	55	121	76	1835
Mittel	226	276	170	84	73	102	201	159	180	143	234	174	2022

Tabelle 7
Püscen Negro

	Monatssummen der Niederschläge in mm												
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Σ
1957/58	67	297	285	43	111	42	171	297	147	158	365	170	2153
1958/59	400	47	268	70	0	185	230	59	149	124	179	40	1751
1959/60	210	240	240	150	109	178	81	233	162	296	479	483	2861
1960/61	541	228	232	63	97	20	204	152	217	191	98	74	2117
1961/62	340	292	35	47	94	20	200	160	70	50	195	86	1589
1962/63	62	238	72	78	28	118	245	179	318	92	340	390	2160
1963/64	170	580	36	77	75	133	251	107	270	107	129	107	2042
Mittel	256	275	167	75	88	99	197	170	191	145	241	193	2097

Tabelle 8
Sonogno

	Monatssummen der Niederschläge in mm												
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Σ
1957/58	41	271	265	24	98	21	159	276	114	142	356	155	1922
1958/59	310	87	330	135	0	193	220	75	57	144	135	15	1701
1959/60	230	265	210	130	103	155	60	247	187	319	383	366	2655
1960/61	550	243	228	65	95	22	205	146	208	185	85	72	2104
1961/62	314	235	25	40	70	52	200	160	64	46	220	112	1538
1962/63	56	232	73	76	32	128	244	183	312	94	307	363	2100
1963/64	158	570	39	68	76	135	221	79	255	79	98	74	1852
Mittel	237	272	167	77	68	101	187	167	171	146	226	165	1984

Tabelle 9
Frasco

	Monatssummen der Niederschläge in mm												
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Σ
1957/58	52	295	275	32	109	30	176	280	133	152	370	166	2070
1958/59	226	86	245	47	8	181	239	45	144	144	147	43	1555
1959/60	230	258	207	129	106	147	64	208	210	387	367	548	2861
1960/61	563	214	180	77	106	16	226	153	218	189	130	71	2143
1961/62	278	208	52	52	23	63	197	160	63	46	201	93	1436
1962/63	47	221	65	69	28	118	228	177	295	87	291	380	2006
1963/64	202	563	39	57	49	132	277	91	273	64	120	58	1925
Mittel	228	264	152	66	61	98	201	159	191	153	232	194	1999

Tabelle 10
Aghei

	Monatssummen der Niederschläge in mm												
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Σ
1957/58	61	311	293	47	118	40	186	292	149	173	410	175	2255
1958/59	400	48	275	100	0	193	230	60	178	126	162	54	1826
1959/60	225	259	216	130	100	123	70	255	190	343	450	533	2894
1960/61	556	283	231	70	105	17	202	157	228	180	105	75	2209
1961/62	290	260	35	73	65	25	165	150	60	40	212	100	1475
1962/63	65	240	74	81	36	116	244	178	311	120	340	395	2200
1963/64	170	560	37	75	65	147	239	105	304	67	125	75	1969
Mittel	252	280	166	82	70	94	191	171	204	150	258	201	2119

Tabelle 11
Brione

Monatssummen der Niederschläge in mm

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Σ
1957/58	50	296	271	30	103	21	169	261	122	141	394	153	2031
1958/59	390	93	265	80	0	165	220	60	202	230	201	45	1951
1959/60	230	260	210	148	100	140	87	225	213	358	470	517	2958
1960/61	550	205	230	64	99	20	200	152	210	170	120	72	2092
1961/62	338	225	34	40	67	30	185	160	62	40	225	119	1525
1962/63	40	204	54	56	24	96	212	170	272	130	340	372	1970
1963/64	172	550	43	70	67	145	213	93	289	56	117	81	1896
Mittel	253	262	158	70	66	88	184	160	196	161	267	194	2059

Tabelle 12
Forno

Monatssummen der Niederschläge in mm

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Σ
1957/58	63	306	292	43	112	38	198	281	130	127	413	154	2157
1958/59	220	50	308	64	0	200	255	85	200	173	149	40	1744
1959/60	215	263	210	136	100	136	98	238	215	316	472	570	2969
1960/61	570	265	225	60	115	25	207	157	203	175	153	61	2216
1961/62	319	295	62	32	70	30	155	140	63	44	202	96	1508
1962/63	85	246	95	85	38	142	254	196	328	101	335	345	2250
1963/64	193	570	22	75	60	145	210	73	235	90	184	80	1937
Mittel	238	285	173	71	71	102	197	167	196	146	173	192	2111

Tabelle 13
Presa

Monatssummen der Niederschläge in mm

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Σ
1957/58	48	292	265	36	102	25	176	250	121	141	424	148	2028
1958/59	425	100	332	100	0	97	230	75	161	165	155	43	1883
1959/60	209	221	203	127	98	152	74	216	175	348	483	455	2761
1960/61	525	255	195	53	119	14	155	160	203	160	122	68	2029
1961/62	240	272	58	43	77	58	182	153	72	55	200	93	1503
1962/63	43	202	46	74	25	102	230	191	304	119	417	307	2060
1963/64	143	543	35	40	60	147	184	69	223	92	130	94	1760
Mittel	233	269	162	68	69	85	176	159	180	154	276	173	2004

Während dieser Periode stellten wir folgende monatliche Verteilung der Niederschläge fest (es werden hier nur die in Sonogno gemessenen Werte besprochen, um eine saubere Vergleichsbasis zu den langjährigen Mitteln — ebenfalls aus Sonogno — zu schaffen; dabei zeigen auch die andern Talstationen eine ähnliche monatliche Verteilung):

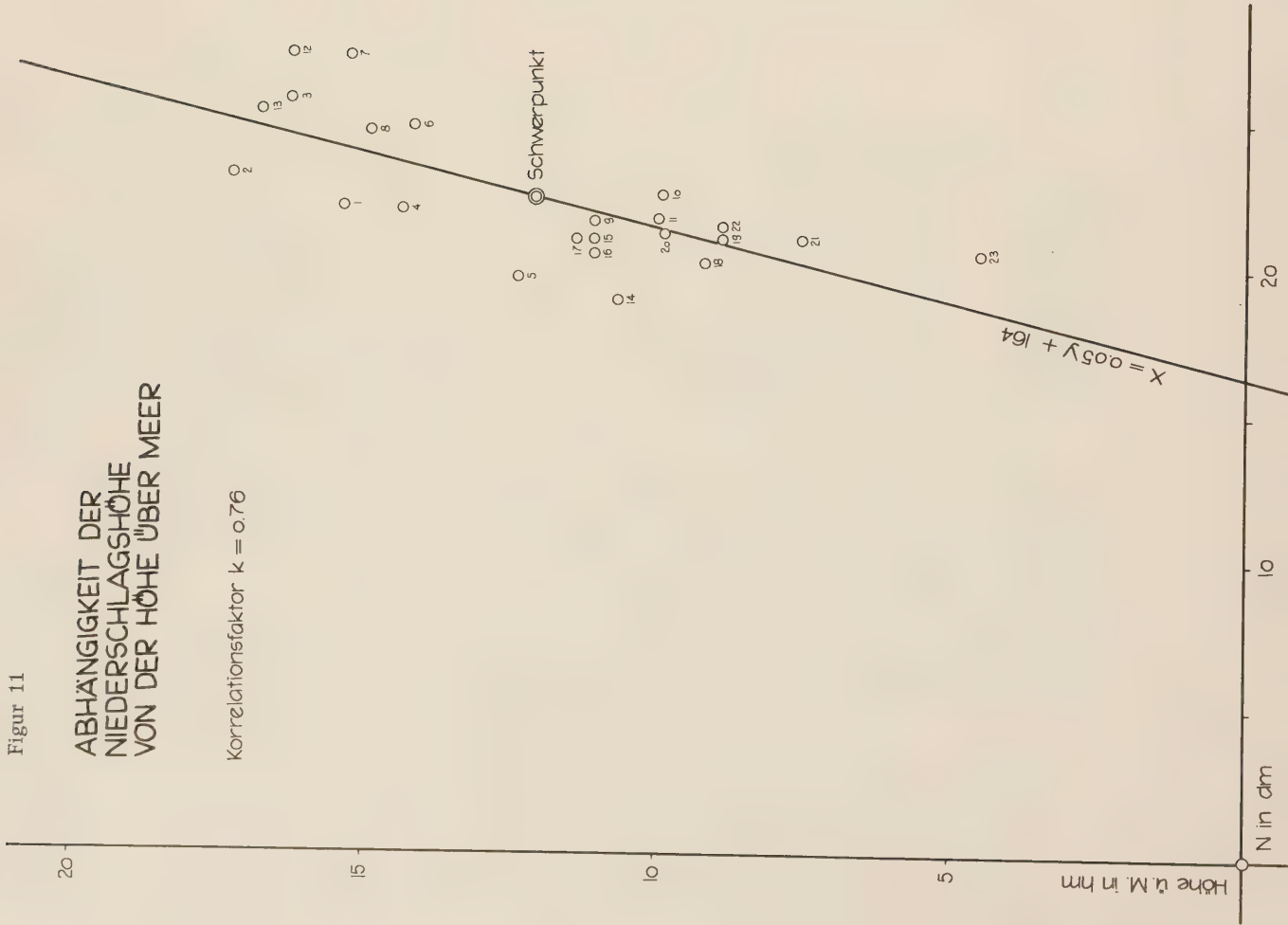
Periode 1957/58—1963/64

Ein erstes Maximum vom April (187 cm) bis Juni (171), wobei der Mai (167) meist kleinere Niederschlags-Höhen aufweist.

Figur 11

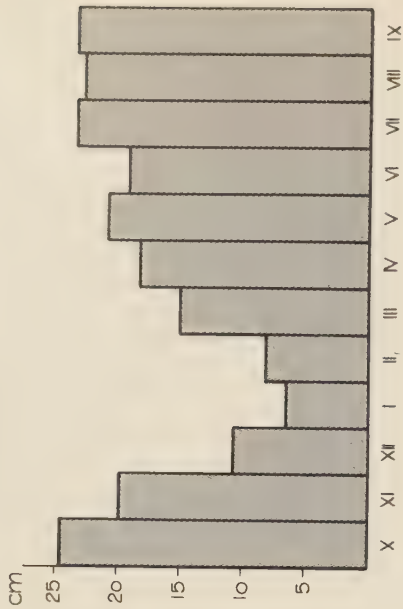
ABHÄNGIGKEIT DER
NIEDERSCHLAGSHÖHE
VON DER HÖHE ÜBER MEER

Korrelationsfaktor $k = 0.76$



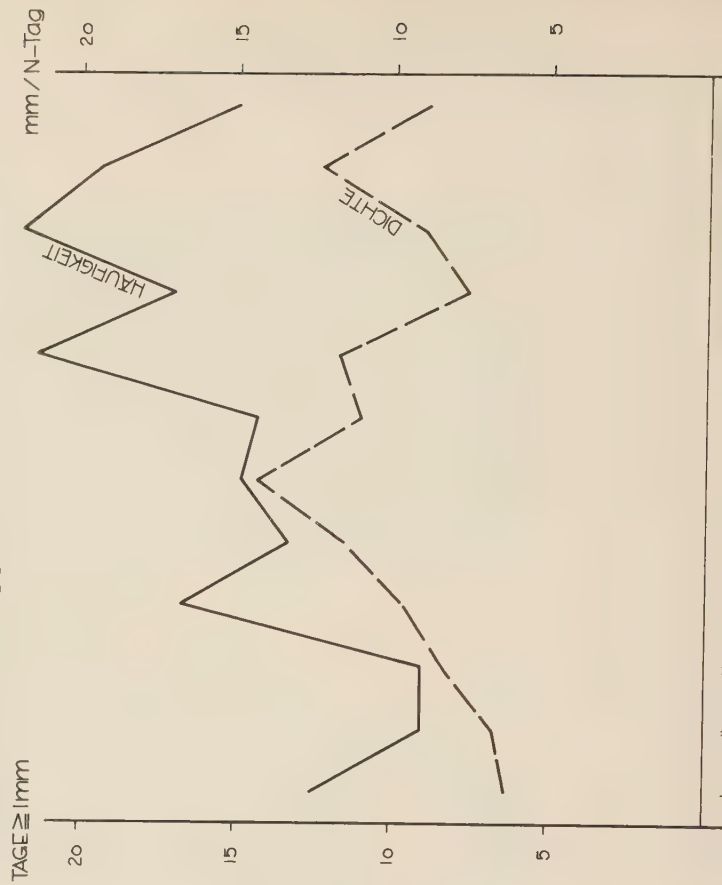
Figur 12

VERZASCA / SONOGNO
MITTLERE MONATSNIEDERSCHLÄGE 1901/30



Figur 13

VERZASCA / FRASCO
MITTLERE MONATLICHE NIEDERSCHLAGSHÄUFIGKEITEN UND
-DICHTEN 1957-1963
TAGE ≥ 1 mm



Der Juli (146) ist allgemein relativ regenarm, während ein weiteres Maximum im August (226) und ein drittes im Oktober/November (237/272) festzustellen ist. Minimale Niederschläge sind regelmäßig im Januar (77) und Februar (68) festzustellen. Diese Verteilung weicht leicht von den Mittelwerten der langjährigen Periode ab.

Periode 1901—1930

Erstes Maximum im Mai (209), ein zweites von Juli bis Oktober (234, 229, 234, 246). Das Minimum liegt im Januar (65) und Februar (82). Diese langjährigen Mittel dürften für die monatliche Verteilung der Niederschläge in unserem Gebiet charakteristisch sein (Tabelle 14, Figur 12).

Tabelle 14
Sonogno

Monatssummen der Niederschläge in mm

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Σ
Mittel													
1901—1930	246	198	107	65	82	151	183	209	192	234	229	234	2130

2.7.2. Einzelniederschläge

Niederschlags-Häufigkeit

Niederschlags-Häufigkeit = Anzahl Tage $\geq$ 1 mm Niederschlag.

Mit 117 Tagen ist das Gebiet zum insubrischen zu zählen. Bei der Häufigkeitskurve ergeben sich die gleichen Maxima (April—Juni; August; Oktober/November) wie bei der Verteilung der monatlichen Niederschläge. Die Minima sind auf die Monate Februar/März verschoben (Figur 13).

Niederschlags-Dichte

$$\text{Niederschlags-Dichte} = \frac{\text{Monatssumme der Niederschläge}}{\text{Niederschlags-Tage}}$$

Spitzen treten im April, Juni und November auf, stimmen also nur z. T. mit den Häufigkeitsspitzen überein. Daraus lassen sich folgende Schlüsse ziehen:
Die Frühjahrs-Niederschlags-Spitzen (große Dichte, kleine Häufigkeit) entstehen durch große tägliche Mengen, während die Sommer- und Herbst-Maxima (kleinere Dichte, große Häufigkeit) auf viele Niederschlags-Tage zurückzuführen sind (Figur 13).
In der Zeit vom 1. 3. 1956 bis zum 28. 2. 1958 konnten 420 Einzelniederschläge durch unseren Ombrographen in Sonogno punkto Ertrag, Dauer und Intensität genau erfaßt werden:

Niederschlags-Ertrag

Figur 14 zeigt eine Anhäufung um die Beträge 1—10 mm, wobei die 5 mm mit 40% ein deutliches Maximum bilden.
Einzel-Niederschläge mit Niederschlags-Höhen $\leq$ 30 mm machen 83,2% aus. Niederschläge mit einem Ertrag von 40 und $>$ 40 mm sind noch mit je 1—3% vertreten.

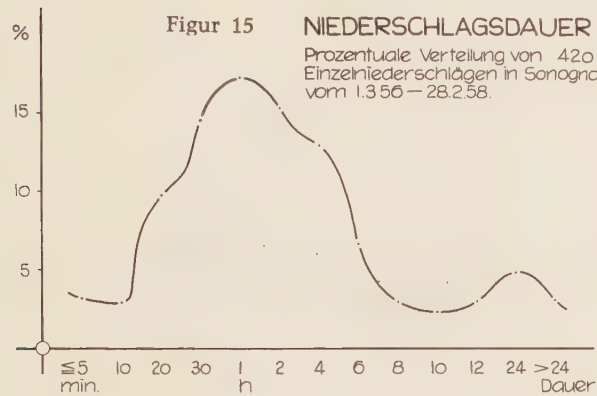
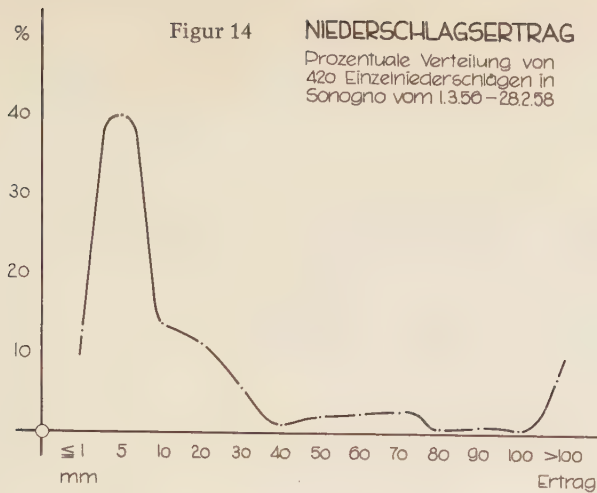
Niederschlags-Dauer

Die breite Spitze (20 Minuten bis 4 Stunden), mit dem absoluten Maximum bei 1 Stunde, läßt deutlich die Zugehörigkeit des Gebietes zur insubrischen Zone erkennen: Kurzregen, Regengüsse. 71,2% aller Niederschläge haben eine Dauer $\geq$ 20 Minuten bis $\leq$ 4 Stunden (Figur 15).

Niederschlags-Intensität

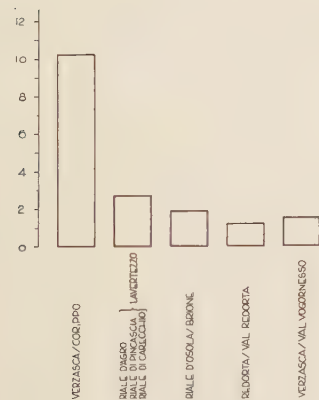
$$\text{Niederschlags-Intensität} = \frac{\text{mm Niederschlag}}{\text{Minuten}}$$





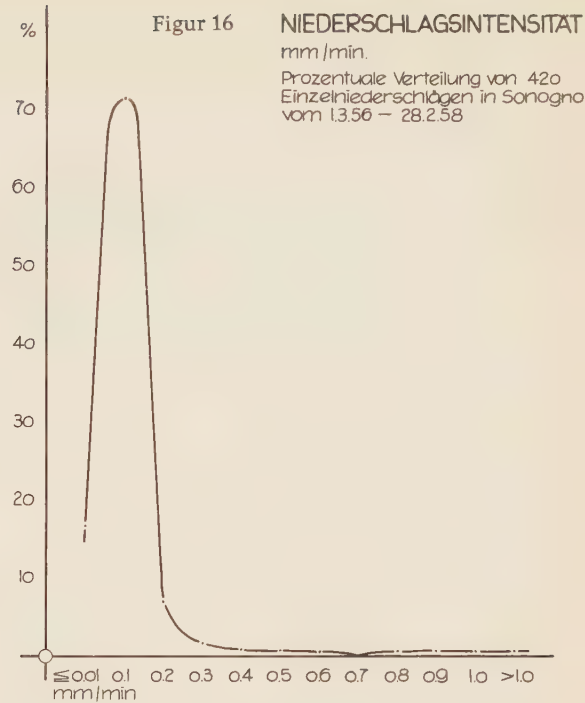
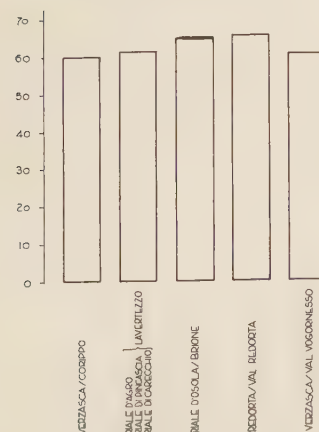
MITTLERE ABFLUSSMENGEN IN $\text{m}^3\text{sec}^{-1}$
MITTEL 1962/63 - 1964/65

Figur 19



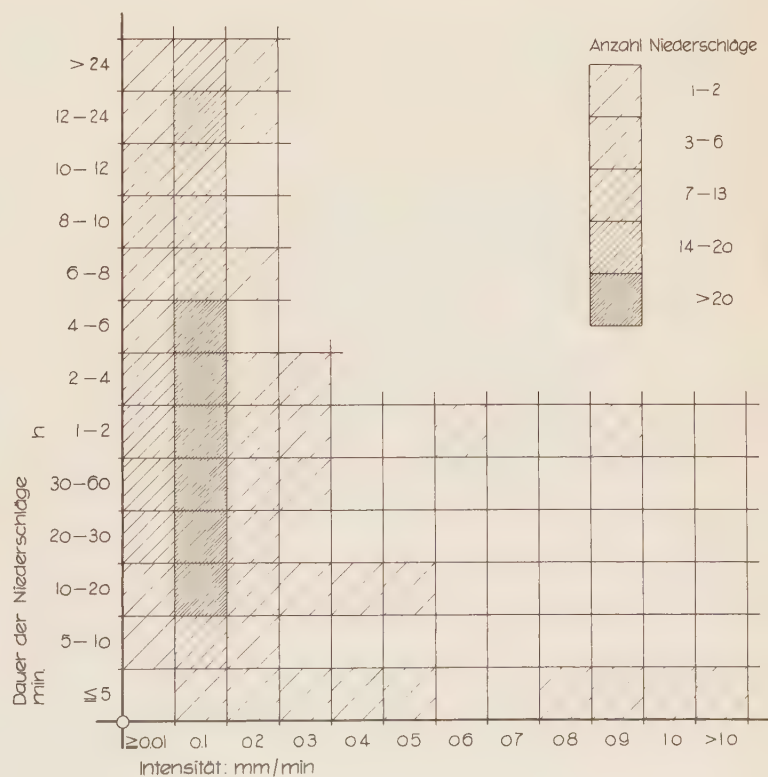
MITTLERE ABFLUSSSPENDEN IN $\text{lsec}^{-1}\text{km}^2$
MITTEL 1962/63 - 1964/65

Figur 20



Figur 17

HÄUFIGKEIT DER NIEDERSCHLÄGE
IN FUNKTION IHRER DAUER UND INTENSITÄT
420 Einzelniederschläge in Sonagno vom 1.3.56 - 28.2.58



Figur 16 zeigt eine extrem einseitige Verteilung: 95,2% aller Niederschläge besitzen eine Intensität $\leq 0,2 \text{ mm min}^{-1}$. Niederschlags-Intensitäten $> 0,2 \text{ mm min}^{-1}$ sind nur noch mit je rund 1% vertreten.

Werden Intensität und Dauer in einem Diagramm zusammengefaßt, so ergibt sich ein deutlicher Häufigkeitsschwerpunkt, nämlich jener, der Niederschläge mit einer Dauer von 10 Minuten bis 6 Stunden und einer Intensität von $0,1 \text{ mm min}^{-1}$ umfaßt (Figur 17).

3. Abfluß

3.1. Allgemeines

Alle Abfluß-Werte der fünf Abfluß-Stationen beruhen auf Limnigraphenregistrierungen und Flügelmessungen (Abbildung 27).

Die Kontrolle der Apparate unterstand dem Geographischen Institut der Universität Bern. Die Flügelmessungen besorgte der Direktor des Institutes, Herr Prof. Gygax, die Auswertungen wurden ebenfalls vom Geographischen Institut vorgenommen.

Vor dem Jahre 1955 überwachte Herr Ingenieur Carlo Ghezzi die Abfluß-Station Corippo. Ihm oblag auch die Auswertung der Meßresultate.

Die Abfluß-Stationen mit ihren Einzugsgebieten sind in der Tabelle 15 und in der Karte 9 zusammengestellt.

Tabelle 15
Verzasca

Abfluß-Stationen

Abflußstation	Standort	Gewässer	Einzugs- gebiet in km ²	Mittl. Höhe des Einzugs- gebietes	Verglet- scherung in ‰
1. Corippo	708 430 / 122 800	Verzasca	188,9	1680	0,0
2. Lavertezzo	708 050 / 123 900	Riale d'Agro Riale di Pincascia Riale di Carecchio	44,1	1703	0,0
3. Brione	703 700 / 128 125	Riale d'Osola	29,9	1685	0,0
4. Val Redorta	702 700 / 133 840	Redorta	18,3	1833	0,0
5. Val Vogornesso	704 180 / 134 700	Verzasca	25,7	1835	0,0

Die Abfluß-Berechnungen basierten z. T. auf dem Kalenderjahr, was ein Umrechnen auf das für das Gebiet günstigere hydrologische Jahr nötig machte. Von uns wurden auch die Berechnungen der Abfluß-Höhen vorgenommen, die nachher direkt mit den Niederschlags-Höhen verglichen werden konnten.

Alle von uns verwendeten Werte sind in den Tabellen 16 bis 20 zusammengestellt, wobei untereinander immer die drei Vergleichszahlen der Abflußhöhe in mm = AH, der Abfluß-Menge in m³ s⁻¹ = A und der Abfluß-Spende in l s⁻¹ km⁻² = AS aufgeführt sind.

Die Meßprofile sind überall eindeutig. Bei Corippo, Lavertezzo und Brione werden die Flügelmessungen über einer anstehenden Felsschwelle vorgenommen. Im Val Redorta und im Val Vogornesso gibt es keine Möglichkeit, über einer Felsschwelle zu messen, doch dürften auch hier die Resultate, was die Vergleiche der Abfluß-Koeffizienten untereinander beweisen, als gut gewertet werden.

Tabelle 16

Verzasca / Corippo 188,9 km²

Mittlere Höhe 1680 m, Vergletscherung 0,0‰

Abflußhöhen in mm = AH
Abflußmengen in m³ s⁻¹ = A
Abflußspenden in l s⁻¹ km⁻² = AS

Jahr		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Σ	Mittel
1956/57	AH	58	34	20	21	24	94	97	189	618	121	228	39	1543	
	A	4,11	2,47	1,43	1,51	1,89	6,63	7,06	13,3	45,0	8,56	16,1	2,84		9,25
	AS	21,8	13,0	7,57	8,0	10,0	35,1	37,3	70,4	238,0	45,3	85,2	15,0		48,9
1957/58	AH	52	206	64	33	66	41	105	522	232	166	320	115	1921	
	A	3,67	15,0	4,49	2,35	5,15	2,89	7,66	36,8	16,9	11,7	22,6	8,34		11,5
	AS	19,4	79,4	23,8	12,4	27,3	15,3	40,6	195,0	89,5	62,0	120,0	43,8		60,8
1958/59	AH	348	65	53	33	41	119	199	261	203	84	95	41	1542	
	A	24,5	4,71	3,71	2,34	3,17	8,4	14,5	18,4	14,8	5,93	6,68	2,95		9,23
	AS	130,0	25,0	19,6	12,4	16,8	44,5	76,8	97,4	78,3	31,5	35,5	15,6		48,8
1959/60	AH	146	120	92	45	41	86	213	542	398	322	390	408	2803	
	A	10,3	8,74	6,47	3,16	3,09	6,1	15,5	38,2	29,0	22,7	27,5	29,7		16,7
	AS	54,5	46,2	34,2	16,7	16,3	32,3	82,0	202,0	153,0	120,0	146,0	157,0		88,4
1960/61	AH	573	169	72	34	46	102	273	226	408	175	107	38	2223	
	A	40,4	12,3	5,08	2,37	3,59	7,21	19,9	15,9	29,7	12,3	7,57	2,8		13,3
	AS	214,0	65,1	26,9	12,5	19,0	38,1	105,0	84,1	157,0	65,1	40,0	14,8		70,4
1961/62	AH	226	116	73	42	21	25	178	258	208	57	97	53	1354	
	A	15,9	8,45	5,11	2,97	1,67	1,75	12,95	18,16	15,14	4,03	6,87	3,85		8,07
	AS	84,1	44,7	27,0	15,7	8,8	9,3	68,5	96,1	80,1	21,3	36,4	20,4		42,7
1962/63	AH	28	106	28	20	13	37	204	328	409	162	274	386	1995	
	A	1,94	7,7	1,97	1,44	1,05	2,59	14,9	23,1	29,8	11,4	19,3	28,1		11,96
	AS	10,3	40,7	10,4	7,6	5,6	13,7	78,8	122,0	158,0	60,3	102,0	149,0		63,2
1963/64	AH	170	421	54	33	29	55	274	326	388	79	68	49	1946	
	A	12,0	30,7	3,8	2,34	2,15	3,86	19,99	23,0	28,31	5,6	4,79	3,57		11,64
	AS	63,5	162,0	20,1	12,4	11,4	20,4	106,0	122,0	150,0	29,7	25,3	18,9		61,59
1956/57—1963/64	AH	200	155	57	33	35	70	193	332	358	146	197	141	1916	
	A	14,1	11,26	4,0	2,31	2,72	4,92	14,05	23,35	26,08	10,27	13,92	10,26		11,41
	AS	74,7	59,5	21,2	12,2	14,4	22,1	74,4	123,6	137,9	54,4	73,7	54,3		60,6

Tabelle 17

Verzasca / V. Redorta 18,24 km²

Mittlere Höhe 1833 m, Vergletscherung 0,0‰

Abflußhöhen in mm = AH
Abflußmengen in m³ s⁻¹ = A
Abflußspenden in l s⁻¹ km⁻² = AS

Jahr		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Σ	Mittel
1962/63	AH	41	92	38	37	31	40	111	254	448	235	286	356	1969	
	A	0,28	0,65	0,26	0,25	0,23	0,27	0,78	1,73	3,15	1,6	1,95	2,51		1,14
	AS	15,24	35,36	14,31	13,6	12,77	15,02	42,65	94,85	173,0	87,44	107,0	137,0		62,35
1963/64	AH	158	365	59	47	43	62	219	402	514	134	97	84	2184	
	A	1,08	2,57	0,40	0,32	0,31	0,42	1,54	2,74	3,62	0,91	0,66	0,59		1,26
	AS	59,26	141,0	22,09	17,49	16,83	22,86	84,65	150,0	198,0	49,94	36,35	32,18		69,22
1964/65	AH	141	87	72	50	44	66	85	261	220	170	250	623	2069	
	A	0,96	0,61	0,49	0,34	0,33	0,45	0,60	1,78	1,55	1,16	1,70	4,38		1,20
	AS	52,85	33,17	26,48	18,37	17,87	24,56	32,79	97,31	85,03	63,38	93,31	240,0		65,41
1962/63—1964/65	AH	113	181	56	45	39	56	138	306	394	180	211	354	2074	
	A	0,77	1,28	0,38	0,30	0,29	0,38	0,97	2,08	2,77	1,22	1,44	2,49		1,20
	AS	42,55	69,84	20,96	16,49	15,82	20,81	53,36	114,05	152,01	66,92	78,89	136,39		65,67

Tabelle 18

Verzasca / Lavertezzo 44,10 km²

Mittlere Höhe 1703 m, Vergletscherung 0,0‰

Abflußhöhen in mm = AH
Abflußmengen in m³ s⁻¹ = A
Abflußspenden in l s⁻¹ km⁻² = AS

Jahr		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Σ	Mittel
1962/63	AH	43	130	38	39	36	48	225	369	458	165	356	390	2297	
	A	0,71	2,21	0,62	0,64	0,65	0,79	3,83	6,08	7,79	2,72	5,86	6,63		3,21
	AS	16,01	50,2	13,94	14,56	14,74	17,82	86,85	138,0	177,0	61,61	133,0	150,0		72,82
1963/64	AH	167	453	42	21	23	50	249	305	316	47	63	48	1784	
	A	2,73	7,70	0,69	0,35	0,40	0,82	4,24	5,02	5,38	0,78	1,03	0,81		2,48
	AS	61,95	175,0	15,74	7,82	8,98	18,55	96,05	114,0	122,0	17,69	23,29	18,37		56,62
1964/65	AH	116	48	45	21	18	49	83	184	185	117	206	642	1714	
	A	1,91	0,81	0,74	0,34	0,32	0,81	1,42	3,04	3,15	1,93	3,39	10,91		2,40
	AS	43,26	18,46	16,71	7,76	7,32	18,41	32,15	68,91	71,45	43,72	76,83	247,0		54,33
1962/63—1964/65	AH	109	210	42	27	26	49	186	286	320	110	208	360	1932	
	A	1,78	3,57	0,68	0,44	0,46	0,81	3,16	4,71	5,44	1,81	3,43	6,12		2,70
	AS	40,41	81,22	15,46	10,05	10,35	18,26	71,71	106,97	123,48	41,01	77,71	138,46		61,27

Tabelle 19
Verzasca / Brione 29,86 km²
Mittlere Höhe 1685 m, Vergletscherung 0,0‰

Abflußhöhen in mm = AH
Abflußmengen in m³ s⁻¹ = A
Abflußspenden in l s⁻¹ km⁻² = AS

Jahr		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Σ	Mittel
1962/63	AH	34	113	35	38	29	49	219	430	523	156	266	338	2230	
	A	0,38	1,3	0,39	0,42	0,36	0,55	2,52	4,79	6,03	1,74	2,96	3,89		2,11
	AS	12,73	43,54	13,06	14,07	12,06	18,42	84,39	160,4	201,9	58,27	99,13	130,3		70,69
1963/64	AH	196	484	55	36	30	46	260	380	387	55	47	41	2017	
	A	2,18	5,58	0,61	0,40	0,36	0,51	2,99	4,24	4,46	0,61	0,52	0,47		1,90
	AS	73,01	186,9	20,43	13,4	12,06	17,08	100,1	142,0	149,4	20,34	17,41	15,74		64,0
1964/65	AH	109	51	43	32	27	39	54	194	158	135	239	747	1828	
	A	1,22	0,59	0,48	0,36	0,33	0,44	0,62	2,16	1,82	1,51	2,67	8,61		1,73
	AS	40,86	19,76	16,08	12,06	11,05	14,74	20,76	72,34	60,95	50,57	89,42	288,3		58,07
1962/63—1963/64	AH	113	216	44	35	29	45	178	335	356	115	184	375	2025	
	A	1,26	2,49	0,49	0,39	0,35	0,50	2,04	3,73	4,10	1,29	2,05	4,32		1,92
	AS	42,2	83,4	16,52	13,18	11,72	16,75	68,42	124,9	137,4	43,09	68,65	144,8		64,25

Tabelle 20
Verzasca / V. Vogornesso 25,70 km²
Mittlere Höhe 1835 m, Vergletscherung 0,0‰

Abflußhöhen in mm = AH
Abflußmengen in m³ s⁻¹ = A
Abflußspenden in l s⁻¹ km⁻² = AS

Jahr		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Σ	Mittel
1962/63	AH	34	91	31	27	21	38	170	312	436	241	293	372	2066	
	A	0,33	0,90	0,30	0,26	0,22	0,36	1,68	2,99	4,32	2,31	2,81	3,69		1,68
	AS	12,92	37,86	11,83	10,16	8,6	14,01	65,45	116,0	168,0	89,69	109,0	144,0		65,63
1963/64	AH	175	378	58	32	28	43	233	341	441	129	80	56	1994	
	A	1,68	3,75	0,56	0,31	0,29	0,41	2,31	3,27	4,37	1,24	0,77	0,56		1,62
	AS	65,33	146,0	21,87	12,22	11,40	15,99	89,84	127,0	170,0	48,05	29,81	21,75		63,27
1964/65	AH	99	53	40	28	23	42	61	184	196	156	219	567	1668	
	A	0,95	0,52	0,38	0,27	0,24	0,40	0,60	1,76	1,94	1,50	2,10	5,62		1,36
	AS	36,85	20,08	14,82	10,51	9,46	15,37	23,46	68,29	75,64	58,21	81,87	219,0		52,80
1962/63—1964/65	AH	103	174	43	29	24	41	155	279	357	175	197	332	1909	
	A	0,99	1,72	0,41	0,28	0,25	0,39	1,53	2,67	3,54	1,68	1,89	3,29		1,55
	AS	38,37	67,98	16,17	10,96	9,82	15,12	59,58	103,76	137,88	65,32	73,56	128,25		60,56

3.2. Die jährlichen Abflußwerte

3.2.1. Die Abfluß-Station Corippo

Beobachtungsdauer: 35 Jahre, nämlich von 1929 bis 1964.
Die Mittelwerte dieser Periode lauten:

Mittlere Abfluß-Höhe	191,2 cm
Mittlere Abfluß-Menge	11,49 m ³ s ⁻¹
Mittlere Abfluß-Spende	60,55 l s ⁻¹ km ⁻²
Mittlere Abfluß-Masse	361,18 Mio. m ³

In diesen 35 Jahren wird das Mittel der Abfluß-Höhe 15 mal überschritten, dabei sind diese Abweichungen gegen oben oft beträchtlich. 20 mal wird der Mittelwert nicht erreicht (Figur 18).

Die Periode zwischen 1929/30 und 1932/33 weist kleine Schwankungen mit geringen Abweichungen vom Mittelwert sowohl in positiver wie negativer Richtung auf.

Die Periode 1932/33—1941/42 ist durch ein beträchtliches Ueberschreiten des Mittelwertes, mit dem absoluten Maximum im Jahre 1935/36 von 321,1 cm, gekennzeichnet.

Die Periode 1941/42—1948/49 zeigt ein langsames Abfallen, bis im Jahr 1948/49 das absolute Minimum von nur 89,9 cm erreicht wird.

Ab 1948/49 erfolgt wieder ein langsames Ansteigen mit kleinen Schwankungen um den Mittelwert herum. Im Jahre 1959/60 tritt ein zweites Maximum mit 280,3 cm auf.

3.2.2. Die Stationen der Quell- und Nebenflüsse

Hier stützen sich unsere Beobachtungen auf die drei hydrologischen Jahre 1962/63 bis 1964/65. Eine gemeinsame Vergleichsbasis erhielten wir, indem wir die Mittelwerte der Stationen Corippo, Lavertezzo, Brione, Val Redorta und Val Vogornesso für diese Periode errechneten.

Bei den Schwankungskoeffizienten, deren Gültigkeit durch die kurze Meßdauer allerdings angezweifelt werden kann, zeigt sich ein ähnliches Bild, wie es bereits REIST (57) in der Bavona entwarf: der Schwankungskoeffizient ist um so größer, je kleiner die mittlere Höhe des Einzugsgebietes ist. Dies läßt sich durch die Tatsache erklären, daß die Einzugsgebiete mit einer großen mittleren Höhe stärker verschneit werden und in nassen, kalten Jahren größere Rücklagen bilden. In wärmeren, trockeneren Jahren treten diese Rücklagen als Abflüsse in Erscheinung. Die Schwankung wird dadurch kleiner.

Ein entgegengesetztes Verhalten zeigen die Gebiete mit kleinerer mittlerer Höhe. Ihr Abflußgeschehen ist viel unmittelbarer vom Niederschlagsgeschehen abhängig, die Schwankungen daher größer.

Eine Ausnahme macht das Valle d’Osola, das als Einzugsgebiet mit der geringsten mittleren Höhe den zweitkleinsten Schwankungskoeffizienten besitzt. Hier erfolgt die Aufspeicherung in der mächtigen Alluvialebene der Alpe Osola.

Die mittlere Abflußmenge in m³ s⁻¹ ist direkt von der Größe des Einzugsgebietes abhängig (Tabelle 21 und Figur 19).

Tabelle 21

Verzasca / Abfluß-Stationen

Abfluß-Mengen in m³ s⁻¹ und Größe des Einzugsgebietes in km² der 5 Abfluß-Stationen, Mittel der Jahre 1962/63—1964/65

Abfluß-Station	Mittlere Abflußmengen m ³ s ⁻¹	Fläche des Einzugsgebietes
Corippo	10,30	188,9
Lavertezzo	2,70	44,1
Brione	1,92	29,9
Val Redorta	1,20	18,3
Val Vogornesso	1,55	25,7

Bei der Abflußspende in l s⁻¹ km⁻² zeigt sich das gleiche Bild, wie wir es bereits von den Niederschlags-Karten her kennen: die W Seitentäler des Val Verzasca erhalten mehr Niederschlag und haben damit die größeren Abflußspenden als die E Täler: Val Redorta 65,7; Valle d’Osola 64,3; Laverteztotäler 61,3; Val Vogornesso 60,6 (Tabelle 22 und Figur 20).

Tabelle 22

Verzasca / Limnigraphen-Stationen

Vergleich: Monatliche Abflußspenden in l s⁻¹ km⁻² der 5 Limnigraphen-Stationen, Mittel der Jahre 1962/63—1964/65

Abfluß-Station	Fläche in km ²	Mittlere Höhe in m	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Mittel
Corippo	188,9	1680	47,3	84,9	16,7	9,7	8,3	16,5	70,6	104,4	125,5	45,5	68,4	140,6	61,6
Lavertezzo	44,1	1703	40,4	81,2	15,5	10,0	10,3	18,2	71,8	107,0	123,5	41,0	77,8	138,5	61,3
Brione	29,9	1685	42,2	83,3	16,5	13,2	11,8	16,7	68,4	124,9	137,4	43,1	68,6	144,8	64,3
Val Redorta	18,3	1833	42,6	69,8	21,0	16,5	15,8	20,8	53,4	114,1	152,0	66,9	78,9	136,4	65,7
Val Vogornesso	25,7	1835	38,4	68,0	16,2	11,0	9,8	15,1	59,6	103,8	137,9	65,3	73,6	128,3	60,6

3.3. Die monatlichen Abfluß-Werte

Die Monatsmittel der Jahre 1929—1964 der Station Corippo sind in Figur 21 dargestellt. Deutlich sticht das Maximum Mai/Juni hervor. Beim Uebergang vom Juni zum Juli sinkt die Abfluß-Menge fast auf die Hälfte des Spitzenwertes ab. Die Juli-Menge wird konstant bis Ende Oktober beibehalten. Nachher erfolgt ein kontinuierliches Absinken, bis im Januar/Februar das absolute Minimum erreicht wird.

3.3.1. Das absolute Maximum im Mai/Juni

Unsere Beobachtungen während den jährlichen Begehungen zeigten, daß im April immer noch eine übers ganze Gebiet ziehende, mehr oder weniger geschlossene Schneedecke bis auf ca. 1000 m hinunterreichte. Eine Ausnahme bildeten normalerweise die S exponierten Hänge der vorderen Täler, deren Abflüsse jedoch nicht mehr in unser Vergleichsgebiet fallen.

Ende Juni war jeweils der größte Teil der Schneedecke weggeschmolzen. Nur selten trafen wir anfangs Juli noch Schneereste an; wenn dies zutraf, waren es immer unbedeutende kleine Schneerückstände in Schattentobeln, die auf das Abflußgeschehen keinen großen Einfluß mehr haben konnten.

Das absolute Maximum im Mai/Juni ist also auf die Schneeschmelze, die sich auf diese beiden Monate konzentriert, zurückzuführen: *Schneetypus*.

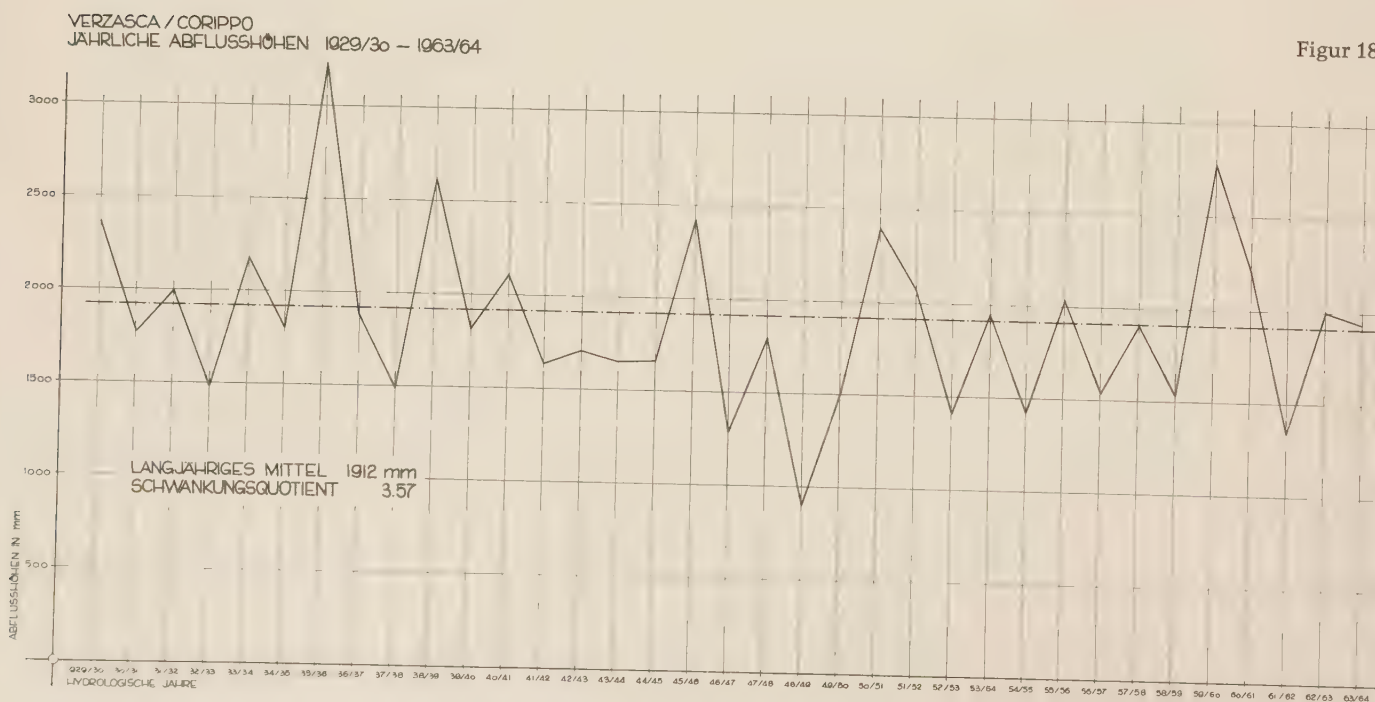
Das Ansteigen der Niederschläge mit Beginn März, wobei das absolute Maximum im Oktober erreicht wird (Figur 12: langjähriges Mittel der Niederschlags-Station Sonogno), hat auf den charakteristischen Verlauf der Schneetypus-Abfluß-Kurve keinen nennenswerten Einfluß.

Dieser Typus überwiegt auch bei den andern Abfluß-Stationen des Gebietes, wobei allerdings während der kurzen Meßperiode durch starke Niederschläge im November die Kurve etwas verfälscht wird. Dafür tritt aber das Juni-Maximum deutlicher hervor. In der Figur 22 werden die einzelnen Stationen unter einander verglichen. Sie zeigen einen auffallend ähnlichen Verlauf. Dieses Uebereinstimmen hält auch dem Vergleich mit der auf die gleiche Periode reduzierten Sammelkurve von Corippo stand.

3.3.2. Das absolute Minimum im Januar/Februar

Das Minimum fällt mit fast gleichen Werten auf die Monate Januar/Februar und trifft damit mit der kältesten Jahreszeit zusammen. Während dieser Zeit waren die Limnigraphen-Stationen vielfach durch Eisbildung blockiert. Ein wöchentliches Ablesen des Pegels gewährleistete aber auch für diese Zeiten sichere Abflußwerte.

Die kleinen Abfluß-Stationen zeigen auch hier übereinstimmend ihr Minimum, das allerdings deutlich auf den Februar fällt.



Figur 18

Da unser Gebiet unvergletschert ist, können im Abfluß-Regime der einzelnen Teileinzugsgebiete keine großen Differenzen festgestellt werden.

3.4. Die Schwankungen im Abfluß-Geschehen

3.4.1. Die jährlichen Schwankungen

Während der 35jährigen Periode, mit den absoluten Extremjahren

1935/36: Maximum mit 321,1 cm Abfluß-Höhe

1948/49: Minimum mit 89,9 cm Abfluß-Höhe

errechnen wir einen Schwankungskoeffizienten von 3,57.

Das bedeutet, daß im abflußreichsten Jahr 606,6 Mio. m³ Wasser bei Corippo durchflossen, während es im abflußärmsten Jahr nur 169,8 Mio. m³ waren.

Für unsere Untersuchungsperiode (1956/57—1963/64) beträgt der Schwankungskoeffizient nur 2,07 (Tabelle 23).

Tabelle 23
Verzasca / Corippo 188,9 km²

	Jahreswerte des Abflusses									Mittel
	56/57	57/58	58/59	59/60	60/61	61/62	62/63	63/64	Σ	
A = Masse in Mio. m ³	291,5	362,9	291,3	529,5	419,9	255,8	376,9	367,6	2895,4	361,9
A = Höhe in cm	154,3	192,1	154,2	280,3	222,3	135,4	199,5	194,6	1532,7	191,6
A = Spende l sec ⁻¹ km ⁻²	48,9	60,8	48,8	88,4	70,4	42,7	63,2	61,6		60,6
Schwankungskoeffizient = 2,07										

Unser auf die gleiche Periode reduzierter Schwankungskoeffizient läßt sich mit den andern im Tessin gemessenen Werten vergleichen:

Magliasina GYGAX (32)	2,9
Bavona REIST (57)	1,7
Verzasca	1,6

WUNDT (76) bezeichnet kleine Abflußschwankungen für Alpenflüsse als normal: ausgleichende Wirkung der Schneerücklagen.

3.4.2. Die monatlichen Schwankungen

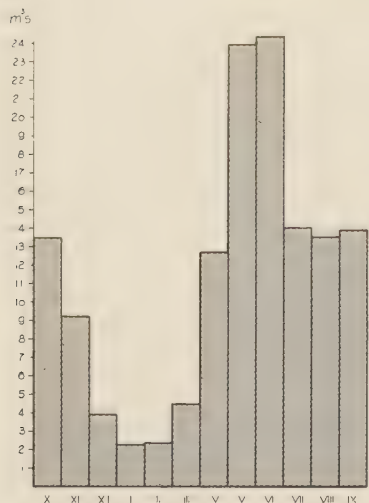
Während unserer Meßperiode fallen die Maxima der Reihe nach auf die Monate Juni, Mai, Oktober, Mai, Oktober, Mai, Juni und November. Die Monate mit den geringsten Mitteln fallen auf Dezember, Januar, Januar, Februar, Januar und noch dreimal auf den Februar. Die Schwankungskoeffizienten innerhalb der einzelnen Jahre liegen zwischen 10,5 und 30,8, während der extreme Schwankungskoeffizient 43,1 beträgt (Tabelle 24).

Tabelle 24
Verzasca / Corippo 188,9 km²

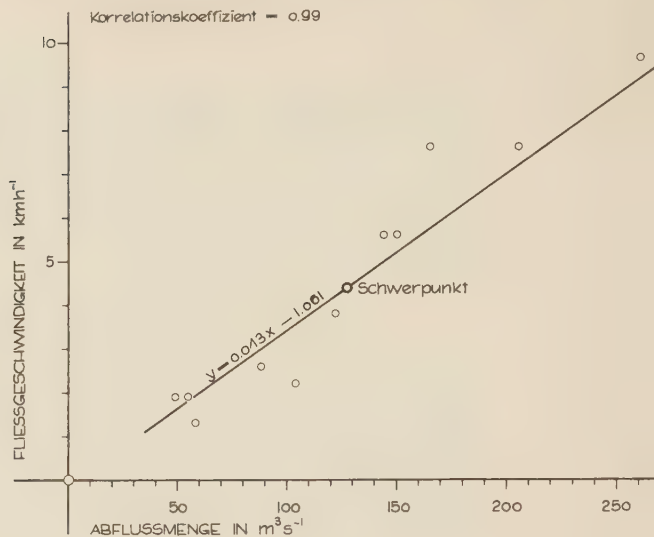
Extreme Monatsmittel der Jahre 1956/57—1963/64
A-Höhe in mm

Jahre	Maximum		Minimum		Schwankungs- koeffizient
	Monat	mm	Monat	mm	
1956/57	Juni	617	Dezember	20	30,8
1957/58	Mai	522	Januar	33	15,8
1958/59	Oktober	348	Januar	33	10,5
1959/60	Mai	541	Februar	41	13,2
1960/61	Oktober	573	Januar	33	17,3
1961/62	Mai	256	Februar	21	12,2
1962/63	Juni	410	Februar	14	29,3
1963/64	November	420	Februar	29	14,5
Mittel		461		28	16,5
extremer Schwankungskoeffizient = 43,1					

Figur 21
 VERZASCA / CORIPPO
 MITTLERE MONATLICHE ABFLUSSMENGEN
 1929 — 1964



ABHÄNGIGKEIT DER FLIESSGESCHWINDIGKEIT VON
 DER ABFLUSSMENGE ZWISCHEN LAVERTEZZO
 UND CORIPPO: 1.275 km



Mit dem absoluten Maximum von 61,7 cm Abfluß-Höhe erreicht der Juni 1967 allein 2/3 des Jahreswertes 1948/49. Das absolute Minimum von 1,4 cm bringt der Februar 1963.

3.4.3. Die täglichen Schwankungen

In gleicher Weise wie die monatlichen Schwankungen sind in der Tabelle 25 die täglichen Schwankungen zusammengestellt.

Tabelle 25
 Verzasca / Corippo 188,9 km² Abfluß: Extreme Tagesmittel eines jeden Jahres in m³ s⁻¹

Jahr	absolutes Maximum			absolutes Minimum			Schwankungs- koeffizient
	Monat	Tag	Menge	Monat	Tag	Menge	
1956/57	Juni	24.	241	Dezember	29./30.	1,04	231,7
1957/58	Mai	28.	150	Oktober	18.	1,64	91,4
1958/59	Oktober	1.	132	Januar	18./19.	1,76	75,0
1959/60	Juli	8.	211	Oktober	17./18.	1,88	112,2
1960/61	Oktober	29.	106	Februar	5./6.	1,95	54,3
1961/62	Oktober	28.	148	März	16.	1,42	104,2
1962/63	September	2.	175	Feb./März	div.	0,96	182,3
1963/64	November	5.	160	Februar	15. + 25.	1,77	90,4
Mittel			165			1,55	106,4
extremer Schwankungskoeffizient = 251,0							

Die Werte sind Tagesmittel, die vorerst innerhalb des gleichen Jahres miteinander verglichen werden. Die Schwankungskoeffizienten liegen zwischen 54,3 und 231,7, während der extreme Schwankungskoeffizient 251,0 (24. Juni 1957 mit 241 m³ s⁻¹; Februar / März 1963 mit 0,96 m³ s⁻¹) beträgt.

Die Konsequenzen dieser großen Differenz können von großer Bedeutung sein; denn die gleiche Verzasca kann in 24 Stunden 45,5 Mio. m³ oder aber nur 0,18 Mio. m³ Wasser bringen. Der um das 251fache schwankende Betrag ist für den tessinischen *Torrento*-Charakter der Verzasca typisch.

Die Zunahme der Schwankungen von den jährlichen über die monatlichen und täglichen zu den absoluten Extremen sei hier nochmals in einer Zusammenstellung gezeigt:

2,07 — 16,6 — 106,4 — 251,0

Siehe auch Tabelle 26.

Tabelle 26
Verzasca / Corippo 188,9 km²

Schwankungskoeffizienten des Abflusses

Jahre		2,07
Monate	Mittel innerhalb der einzelnen Jahre	16,6
	Extreme	42,8
Tage	Mittel innerhalb der einzelnen Jahre	106,4
	Extreme	251,0
Absolute Extreme		435,5
Absolut größter Abfluß (Spitze)	418,0 m ³ s ⁻¹ (8. 7. 60 und 17. 8. 63)	
Absolut kleinster Abfluß (Tagesmittel)	0,96 m ³ s ⁻¹ (12.—17./23.—26. 2. und 1./2. 3. 63)	

Werden zu Vergleichszwecken nicht die größten Tagesmittel, sondern die absoluten Abfluß-Spitzen (418,0 m³ s⁻¹ vom 8. 7. 1960 und 17. 8. 1963) herangezogen, so lautet der Schwankungskoeffizient 435,5!

Höhere Maxima (Spitzen) und tiefere Minima treten in der langjährigen Periode auf:

Absolutes Maximum: 1951 > 1000 m³ s⁻¹

Absolutes Minimum: 1947 0,75 m³ s⁻¹

Beim Maximum aus dem Jahre 1951 handelt es sich um eine Schätzung von Ingenieur Ghezzi.

In den Tabellen 27 und 28 wurden noch die absolut größten und kleinsten Tagesabfluß-Mengen eines jeden Monats in m³ s⁻¹ für die Jahre 1956/57—1963/64 zusammengestellt.

Tabelle 27
Verzasca / Corippo 188,9 km²

Absolut größte Tagesabflußmengen eines jeden Monats in m³ s⁻¹

Jahre	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Mittel
1956/57	7,75	3,42	1,72	3,16	3,59	25,00	18,20	26,00	241,00	34,90	109,00	4,12	39,82
1957/58	30,20	98,20	19,70	2,82	15,80	4,10	15,20	150,00	47,70	51,00	132,00	73,50	52,00
1958/59	132,00	7,47	9,75	4,05	4,71	25,00	60,40	30,00	30,70	13,90	21,80	8,03	28,98
1959/60	104,00	33,80	19,50	9,02	8,30	12,40	41,20	133,00	112,00	211,00	133,00	172,00	82,44
1960/61	106,00	50,00	11,90	2,86	5,51	13,70	46,80	43,60	88,80	87,00	67,40	7,47	44,25
1961/62	148,00	19,60	11,70	4,21	1,88	2,74	38,30	48,20	50,60	8,30	81,90	22,70	36,50
1962/63	2,98	58,20	2,49	2,10	1,19	5,22	33,60	41,80	101,00	25,40	107,00	175,00	46,33
1963/64	74,30	160,00	6,69	2,81	3,92	11,30	104,70	36,40	138,60	8,92	21,60	13,00	46,02
Mittel	75,65	53,84	10,43	3,88	5,81	12,43	44,80	63,63	101,30	55,05	83,09	59,48	47,04

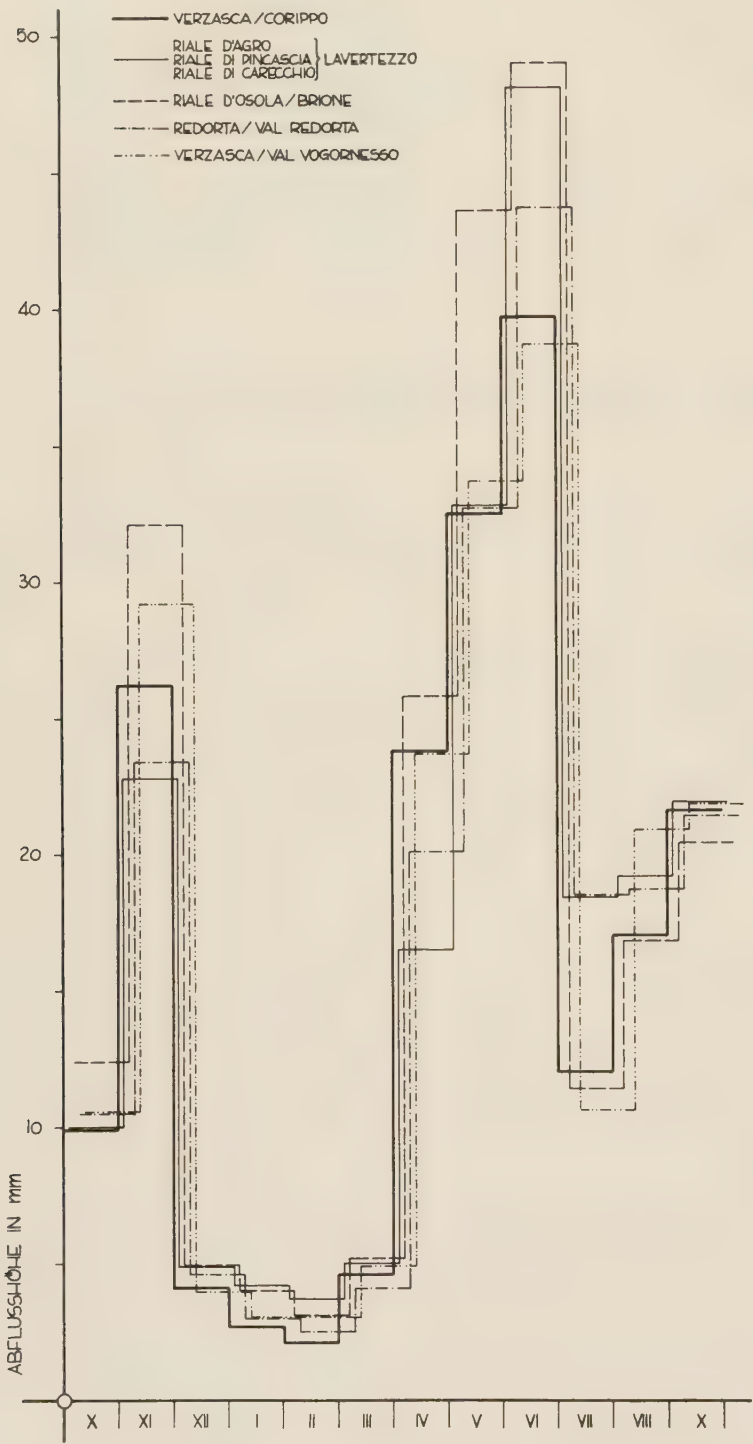
Tabelle 28
Verzasca / Corippo 188,9 km²

Absolut kleinste Tagesabflußmengen eines jeden Monats in m³ s⁻¹

Jahre	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Mittel
1956/57	2,65	1,57	1,04	1,11	1,19	2,33	3,33	4,32	11,70	3,89	2,82	2,02	3,16
1957/58	1,64	2,49	2,90	1,95	2,26	2,18	3,89	14,00	9,17	4,21	3,50	3,33	4,29
1958/59	4,10	3,33	2,18	1,76	2,06	4,54	7,34	11,80	8,45	3,16	2,98	2,03	4,48
1959/60	1,88	3,89	3,33	1,95	2,22	3,64	7,75	7,34	13,20	6,17	5,69	4,00	5,09
1960/61	8,16	4,87	2,82	2,03	1,95	3,59	7,68	7,88	16,00	4,43	2,57	2,03	5,34
1961/62	3,33	4,76	2,65	1,72	1,50	1,42	2,41	9,17	5,81	2,82	2,33	1,95	3,32
1962/63	1,42	1,42	1,42	1,16	0,96	0,96	3,42	15,40	16,20	4,87	3,89	6,30	4,79
1963/64	3,33	7,34	2,74	2,14	1,77	2,19	6,98	13,50	10,10	4,02	2,81	2,42	4,95
Mittel	3,31	3,71	2,38	1,73	1,74	2,61	5,35	10,43	11,33	4,20	3,32	3,10	4,43

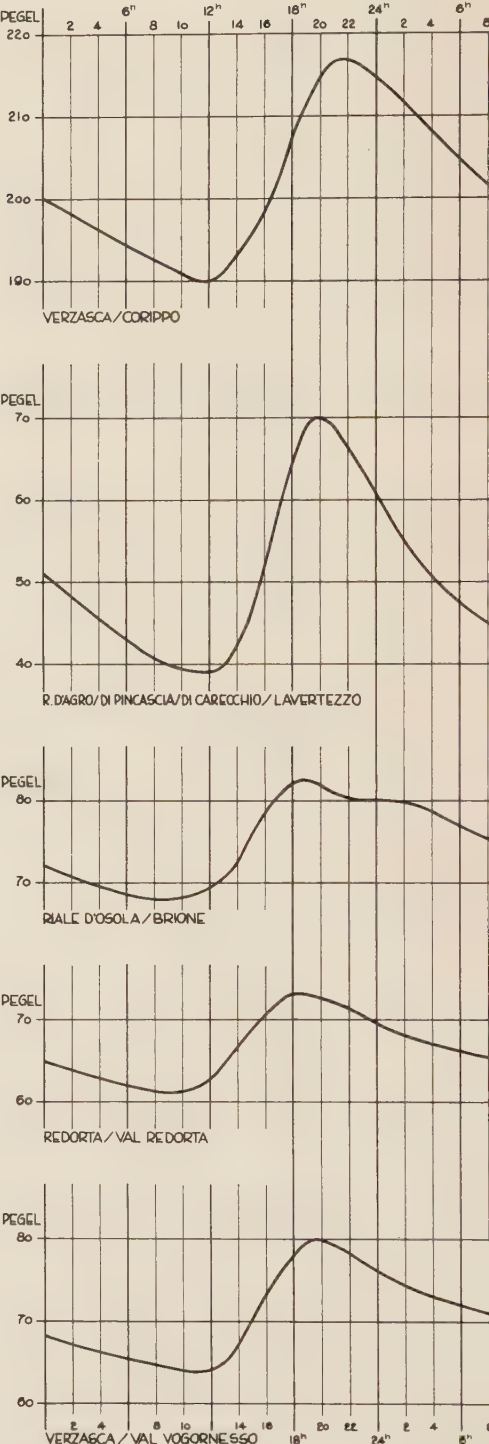
Figur 22

DIE VERZASCA UND IHRE NEBENFLÜSSE
VERGLEICH DER MITTLEREN MONATLICHEN ABFLUSSHÖHEN DER PERIODE 1962/63 – 1963/64



Figur 23

SCHMELZWASSERABFLUSS 4./5.5.1964
KOPIE DER LIMNIGRAPHENREGISTRIERUNGEN



Schmelzwasser-Abfluß (Figur 23)

Regelmäßige, wenn auch kleinere tägliche Schwankungen zeigen die Schmelzwasserkurven. In den Monaten April bis Juni zeigen alle Limnigraphenstreifen das typische Bild des Schmelzwasser-Abflusses:

- Corippo: das der Sonnenwärme zu verdankende Maximum tritt hier um 22 Uhr auf, während das Minimum um 12 Uhr registriert wird; Zeitintervall: 10 Stunden.
- Lavertezzo: Maximum um 20 Uhr, Minimum um 12 Uhr; Zeitintervall: 8 Stunden.
- Brione: Diese Kurve weist ein interessantes Detail auf: nach dem Maximum um 19 Uhr tritt ein leichtes Absinken auf, das um 23 Uhr für 2 Stunden stagniert. Das Minimum tritt um 9 Uhr auf. Das Osolatal liegt in seiner größten Ausdehnung in SE-NW Richtung. Frühe Erwärmung beider Talhänge durch die Morgensonne bewirkt das frühe Maximum um 19 Uhr. Die schneereichen SE-Hänge des Talkessels gegen den P. Rasia und den Monte Zuccherio erhalten erst im späteren Nachmittag ihre maximale Sonneneinstrahlung = stagnieren der Abfluß-Kurve bis nach Mitternacht.
- Val Redorta / Val Vogornesso: beide Täler zeigen ähnliche Kurven, wobei aber die Kurve des Val Redorta ihr Maximum um 2 Stunden früher erreicht als die Kurve des Val Vogornesso. Auch hier ist die Talrichtung und damit die zeitlich verschiedene Exposition der Talhänge schuld an dieser Zeitdifferenz.

Hochwasser-Abfluß

Für die Untersuchung kamen vor allem die Limnigraphenstreifen von Lavertezzo und Corippo in Frage; denn die hohen Abfluß-Massen der drei Lavertezotäler mit ihren großen Hochwasserspitzen treffen immer als erste Spitze in Corippo ein, sie sind deshalb zeitlich am besten erfaßbar. Die später eintreffenden Hochwasserwellen von Brione, Val Redorta und Val Vogornesso sind meist nicht mehr eindeutig zu parallelisieren.

Das Erfassen der Hochwasserwellen zwischen Lavertezzo und Corippo bietet ebenfalls gewisse Schwierigkeiten, und zwar wegen der relativ kurzen Zeitintervalle, die sich für die kurze Meßstrecke von nur 1,275 km ergeben. Durch raschlaufende Uhren und durch genaue zeitliche Abstimmung der Apparate wird das Vorhaben stark erleichtert.

Wir haben in den Jahren 1962—1965 elf zeitlich eindeutig festgelegte Hochwasserwellen untersucht, dabei schwankten die Abfluß-Mengen der einzelnen Spitzen zwischen 48 und 260 m³ s⁻¹. Bei der graphischen Darstellung stellen wir fest, daß die Abfluß-Geschwindigkeit in einer engen Beziehung zur Abfluß-Menge steht. Eindeutig ergibt sich, daß mit zunehmender Abfluß-Menge auch die Abfluß-Geschwindigkeit zunimmt: Korrelationskoeffizient = 0,99 (vergleiche Tabelle 29 und Figur 24).

Tabelle 29

Verzasca / Corippo 188,9 km²

Abfluß-Menge und Fließ-Geschwindigkeit

	Abfluß-Menge m ³ s ⁻¹	Abfluß- Geschwindigkeit in km h ⁻¹
17. 9. 64	48	1,9
2. 5. 64	55	1,9
8. 5. 65	58	1,3
14. 6. 63	88	2,6
19. 4. 64	104	2,2
1. 6. 63	122	3,8
2. 10. 64	144	5,1
2. 6. 64	150	5,1
27. 8. 63	165	7,6
2. 10. 63	205	7,6
2. 9. 63	260	9,6

Die von GYGAX in der Bavona gemessenen Geschwindigkeiten von 16—17 km h⁻¹ sind bei noch größeren Spitzen auch in der Verzasca zu erwarten. Sie dürften bei Wasser-Mengen von 350—400 m³ s⁻¹ erreicht werden.

Eine Parallelisierung aller Limnigraphenregistrierungen ist in einzelnen Fällen, wie Figur 25 zeigt, unter besonders günstigen Voraussetzungen auch möglich.

3.5. Die Dauerlinien

Zur Verdeutlichung des Abfluß-Geschehens und als Ergänzung zur Tabelle sind die Dauerlinien der Jahre 1958—1964 (Figur 26) und die mittlere Dauerlinie 1955—1964 (Figur 27) konstruiert worden. Es sind dies besonders für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit eines Flusses (Wasserkraftnutzung) wichtige Angaben.

Aus den Jahreskurven 1958—1964 sticht das Jahr 1960 durch seine durchwegs hohen Werte besonders hervor. Im Winter (Januar—März) 1960 fielen überdurchschnittlich große Niederschläge: Januar 186%, Februar 145% und März 155% der langjährigen Mittel: große Rücklagen. Zudem war das Jahr 1960 (Kalenderjahr) ganz allgemein ein nasses Jahr: 138% der mittleren Niederschläge. Die Zahl der Tage mit großen Abflüssen ist demnach hoch.

Die Dauerlinie 1955—1964 zeigt den folgenden Verlauf: der Abfluß überschreitet während ca. 190 Tagen die Menge von 5 m³ s⁻¹. Ein Absinken unter 1 m³ s⁻¹ ist nur für wenige Tage zu beobachten. Die konstant hohen Abflüsse machen die Verzasca zu einem ausbauwürdigen Fluß, der mit großer Sicherheit die erwartete Minimalabfluß-Menge garantiert.

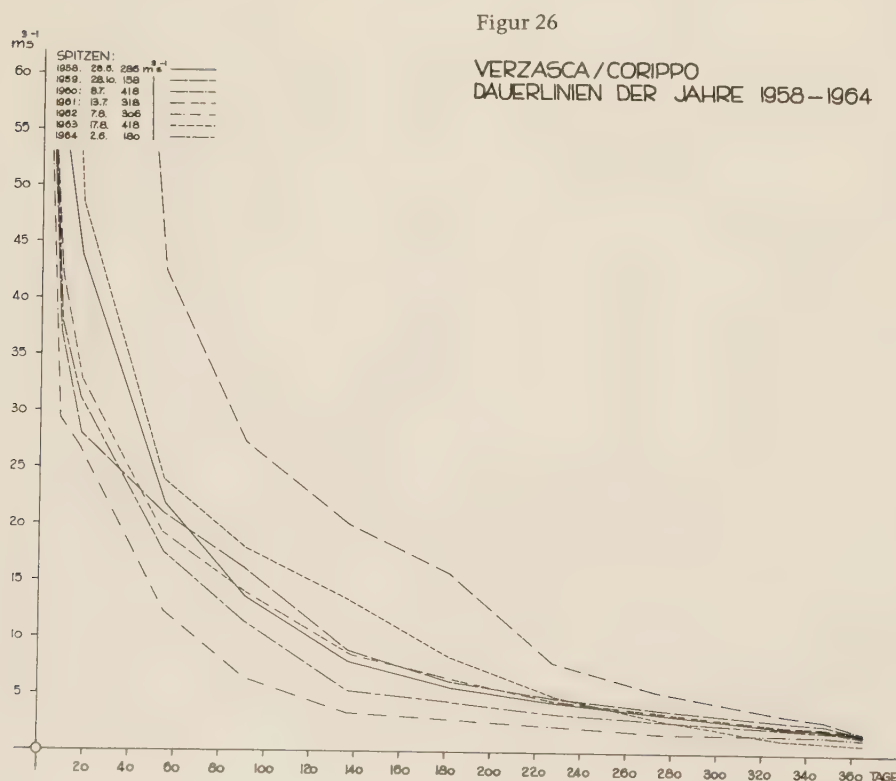
3.6. Zusammenfassende Charakteristik des Abflusses

3.6.1. Maxima, Minima, Schwankungen

Absolutes Maximum im Jahre 1935/36	321,1 cm
Absolutes Minimum im Jahre 1948/49	89,9 cm
Schwankungskoeffizient	3,57

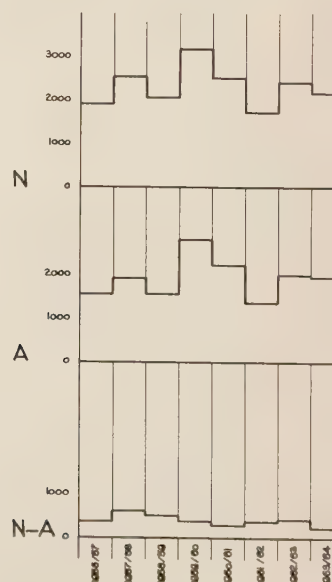
Maximum und Minimum stehen nicht als isolierte Spitzen da, sondern sind der Ausdruck der allgemeinen Tendenz der Kurve; es sind die Extrema langfristiger Schwankungen.

Die Abfluß-Schwankungen der Nebenflüsse sind geringer.

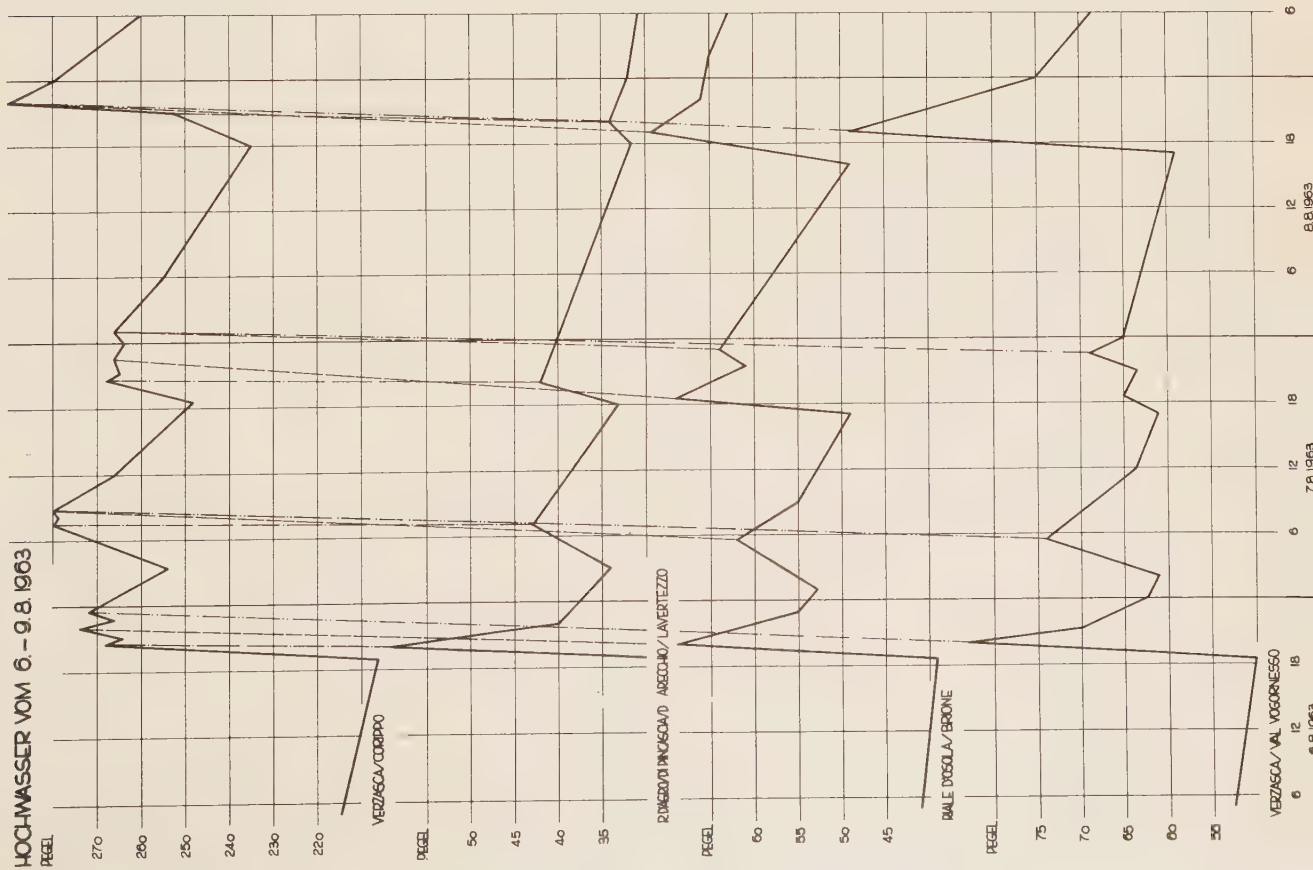


Figur 28

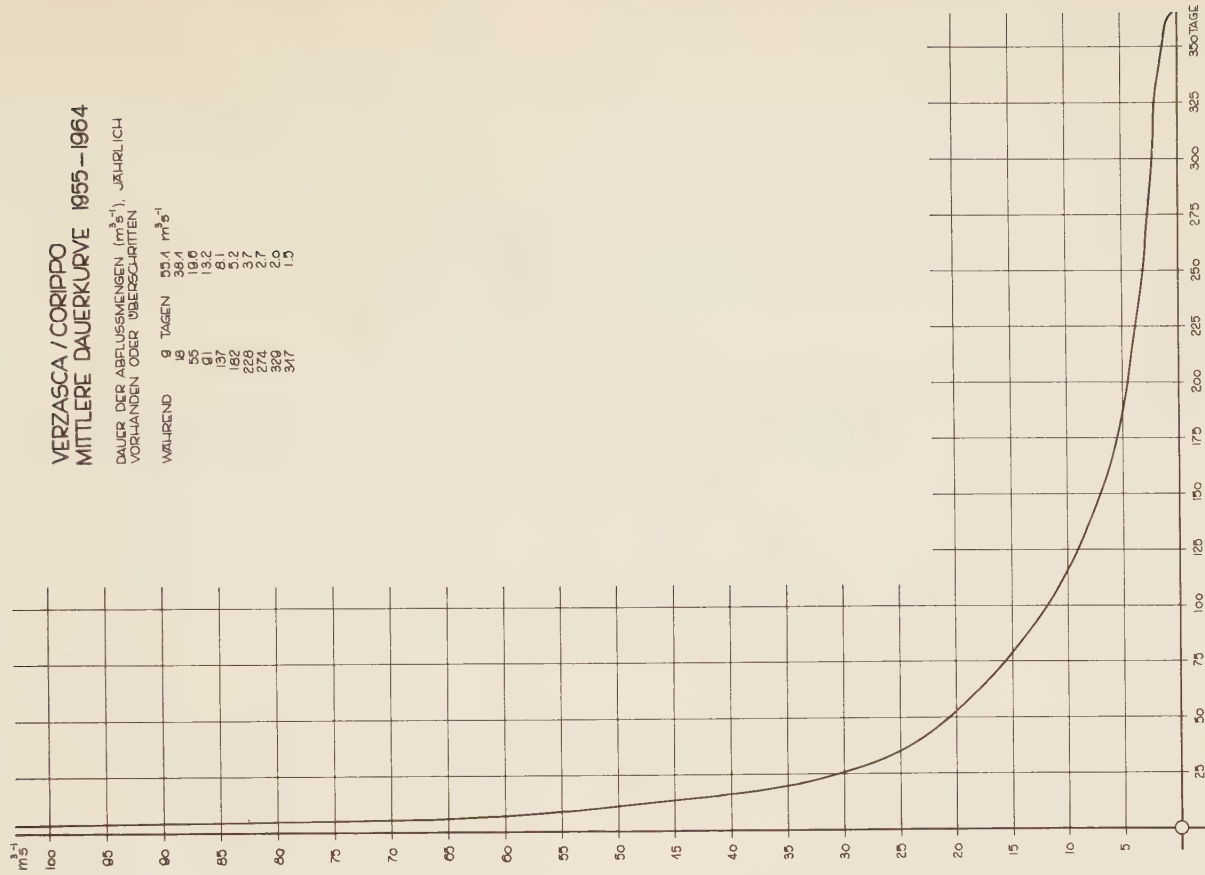
JAHRESWERTE N, A UND N-A



Figur 25



Figur 27



3.6.2. Die monatliche Verteilung der Abflüsse

Mit einem Maximum im Mai/Juni und einem Minimum im Januar/Februar entspricht die monatliche Verteilung der Abflüsse dem Schneetypus.
Auch die Nebenflüsse zeigen die gleiche Verteilung.

3.6.3. Die täglichen Schwankungen

Im Frühjahr zeigen die Limnigraphenstreifen regelmäßige Schmelzwasserkurven. Je nach Talexposition treten die Maxima zwischen 19 und 22 Uhr und die Minima zwischen 9 und 12 Uhr auf.
Die extremen Abfluß-Spitzen (Hochwasserwellen) fließen zwischen Lavertezzo und Corippo mit Geschwindigkeiten zwischen 2 und 10 km h-1, wobei eine deutliche Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der Abfluß-Menge festzustellen ist.
Geschwindigkeiten von 16—17 km h-1, wie sie GYGAX für die Bavona gemessen hat, sind bei größeren Abfluß-Mengen auch für die Verzasca wahrscheinlich.

4. Beziehungen zwischen Niederschlag und Abfluß

4.1. Die Jahreswerte von Niederschlag und Abfluß

Als Vergleichsreihe stehen uns die Jahre 1956/57 bis 1963/64 zur Verfügung. In diesen acht Jahren hatten wir «nasse» und «trockene», aber keine Extremjahre, so daß die Niederschlags- und Abfluß-Werte für diese Periode als gute, allgemein gültige Mittelwerte angesehen werden dürfen.
Die Größen für diese Jahre sind in Figur 28 zusammengestellt. Es zeigt sich bereits aus der summarischen Darstellung, daß zwischen dem Niederschlag und dem Abfluß eine enge Beziehung besteht, verlaufen doch die Kurven der jährlichen Niederschlags- und Abfluß-Höhen überall gleichsinnig, d. h. bei einer Zunahme der Niederschläge reagiert auch die Abfluß-Kurve mit einer entsprechenden Zunahme. Dabei fällt besonders im Jahre 1959/60 auf, daß die absolute Zunahme beim Abfluß größer ist als bei den Niederschlägen. Es handelt sich hier nicht um eine paradoxe Einzelercheinung, sondern es ist dies ein weiterer Hinweis auf die bereits im Kapitel 3.6.1. erwähnten Vorratsschwankungen im Gebiet.
In Figur 29 ist durch die Errechnung des Korrelationskoeffizienten und durch die Bildung der Regressionsgeraden die Abhängigkeit der Wertepaare bestimmt worden. Mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,97 ist diese Beziehung sehr eng. Die für die Regressionsgerade gültige Funktion lautet:

A = 0,99 N — 36,5

Die Lage der Einzelpunkte zur Geraden zeigt die lineare Abhängigkeit deutlich. Auch da fällt das Jahr 1959/60 etwas aus dem Rahmen.
In Tabelle 30 sind die jährlichen Niederschlags- und Abfluß-Höhen zusammengestellt. Aus ihnen berechneten wir die Abfluß-Koeffizienten. Der mittlere Abfluß-Koeffizient beträgt 83,3%, bei einer geringen Schwankung von ±7,5% darf dieses Mittel als für das Gebiet charakteristisch angesehen werden.

Tabelle 30
Verzasca / Corippo 188,9 km²

Abflußkoeffizienten

Jahr	N mm	A mm	A Koeffizient %
1956/57	1900	1543	81,2
1957/58	2510	1921	76,5
1958/59	2040	1542	75,6
1959/60	3165	2803	88,6
1960/61	2498	2223	90,0
1961/62	1717	1354	78,9
1962/63	2403	1995	83,0
1963/64	2152	1946	90,4
1956/57—1963/64	2298	1916	83,3

Andere geschlossene Gebiete zeigen ähnliche Werte:

Tessin	70,7%	BROCKMANN
Magliasina	72,0%	GYGAX
Greina	87,3%	WITSCHI
Bavona	72,3%	REIST

In Figur 30 wird noch die Beziehung zwischen Abfluß-Koeffizient und Niederschlag gezeigt. Eine lineare Abhängigkeit ist vorhanden. Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,74. Aus der Darstellung geht hervor, daß mit zunehmender Niederschlags-Höhe auch der Abfluß-Koeffizient zunimmt, d. h., daß in nassen Jahren der Verdunstungsanteil relativ kleiner ist als in trockenen. Die Relation lautet: $AK = 0,095 N + 60,9$

4.2. Die monatlichen Beziehungen

Schwierigkeiten beim Erfassen der monatlichen Beziehungen boten die Niederschläge. Wir nahmen als Grundlage für die Berechnung der prozentualen Verteilung der Niederschläge auf die einzelnen Monate (Tabelle 31) die durchschnittlichen Niederschläge der acht Talstationen. Auf diese Art hoffen wir, eine fürs ganze Untersuchungsgebiet gültige Verteilung zu erhalten. Das Jahr 1956/57 wird für diese Betrachtungen weggelassen, da wir in unserem ersten Beobachtungsjahr noch keine genauen monatlichen Niederschläge erfaßten.

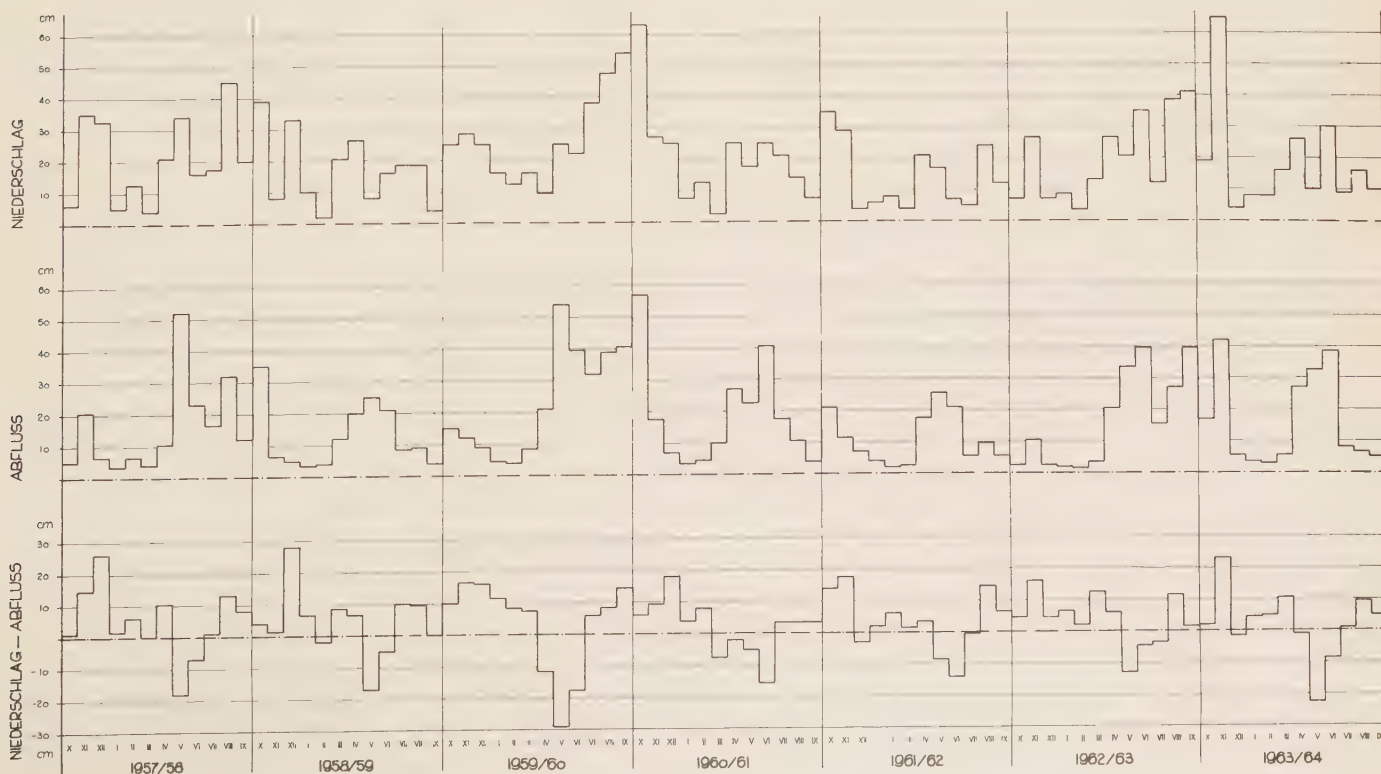
Tabelle 31
Verzasca

Prozentuale Verteilung von Niederschlag und Abfluß

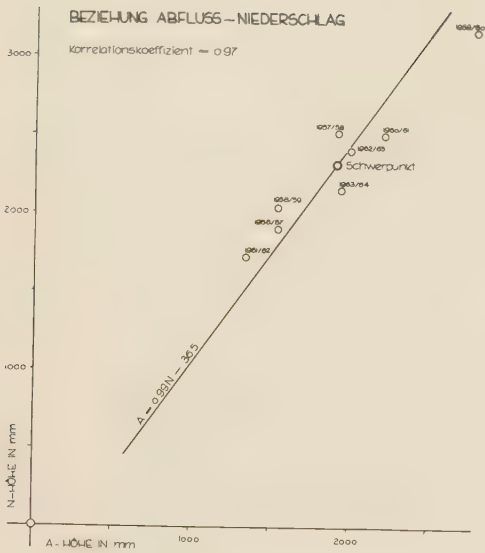
1957/58—63/64	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Σ
Niederschlag	11,7	13,2	8,2	3,7	3,5	4,6	9,4	8,0	9,1	7,3	12,3	9,0	100
Abfluß	11,1	8,8	3,1	1,8	1,9	3,3	10,4	17,9	16,2	7,6	9,8	8,1	100

Die prozentuale Verteilung der Abfluß-Mengen, die im allgemeinen wesentlich genauer registriert wurden, basieren auf den Limnigraphenstreifen der Station Corippo (Tabelle 31). Figur 31 zeigt die Verteilung Niederschlag, Abfluß und Niederschlag minus Abfluß. Trotz dem scheinbar regellosen Verlauf der Kurven, lassen sich einige Gesetzmäßigkeiten festhalten:

Figur 31



Figur 29

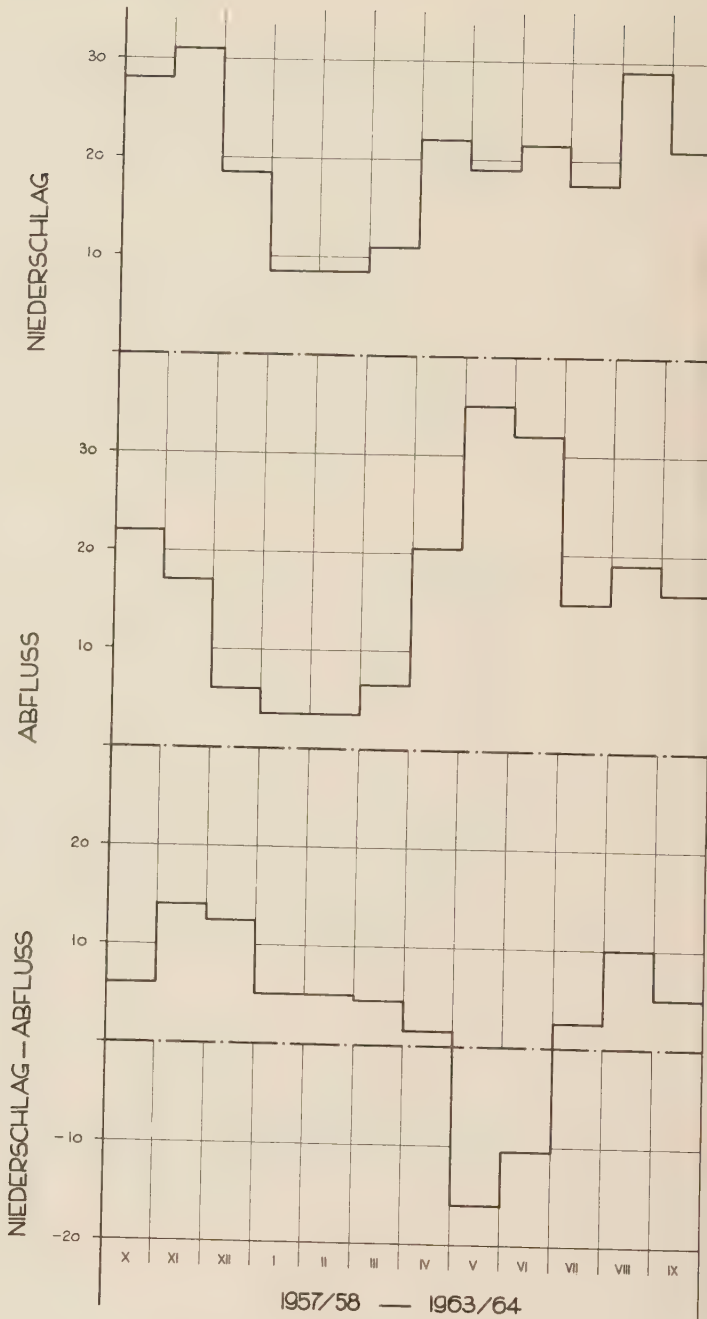


Figur 30



Figur 32

MITTELWERTE 1957/58 – 1963/64



Niederschlag

Hier treten die zwei Maxima (Mai und Juli—Oktober) und das Minimum (Januar/Februar) in den einzelnen Jahren nicht immer sehr deutlich hervor. Die Tendenz, zu den angegebenen Zeitpunkten Spitzen zu erreichen, ist aber vorhanden.

Abfluß

Der bekannte Ablauf mit dem Maximum im Mai/Juni und dem Minimum im Januar/Februar ist gut sichtbar. In einzelnen Jahren treten noch starke Herbst-Maxima auf.

Niederschlag minus Abfluß

Die Regelmäßigkeit der Abfluß-Kurve überträgt sich auf die Niederschlag—Abfluß-Verteilung: stark positive Werte in den Wintermonaten (Akkumulationsperiode), während im Mai/Juni, selten auch im März, April und Juli, die Differenz negative Werte annimmt, d. h., die Abflüsse sind in diesen Monaten größer als die Niederschläge: Schneerücklagen werden aufgebraucht. Im Mai 1960 sind die Abflüsse um volle 29,5 cm größer als die Niederschläge.

In Figur 32 sind die monatlichen Mittelwerte der Jahre 1957/58—1963/64 dargestellt. Die Niederschlag-Abfluß-Kurve erreicht hier nur noch im Mai und Juni negative Werte; dabei ist der Niederschlag im Durchschnitt um 16,8, respektive 10,1 cm, kleiner als der Abfluß.

4.3. *Die Beziehungen zwischen Winterniederschlag und Sommerabfluß* Figur 33.

Diese Relation ist vor allem für die Wasserkraftnutzung von Interesse, ist es doch wünschenswert, bereits Ende Februar aus den Winterniederschlägen über die zu erwartenden Sommerabflüsse orientiert zu sein.

Es gilt also, die Winterniederschläge mit den Sommerabflüssen in Beziehung zu bringen, dabei zeigen die Monate November bis Februar für den Winter, und die Monate April bis Juni für den Sommer die besten Abhängigkeiten.

Der Sommerabfluß ist aber für diese Relation neu zu definieren, geht es doch darum, die Sommerniederschläge aus der Rechnung zu eliminieren. Wir definieren unsere zur Auswertung gelangenden Sommerabfluß-Massen wie folgt:

$$A_{IV-VI} = \text{Summe } A_{IV-VI} - x \% N_{IV-VI}$$

wobei x = Abflußkoeffizient des betreffenden Jahres gemäß Tabelle 30.

Diese Sommerabfluß-Summe wird nun mit dem effektiven Winterniederschlag (N_{XI-II}) in Beziehung gebracht.

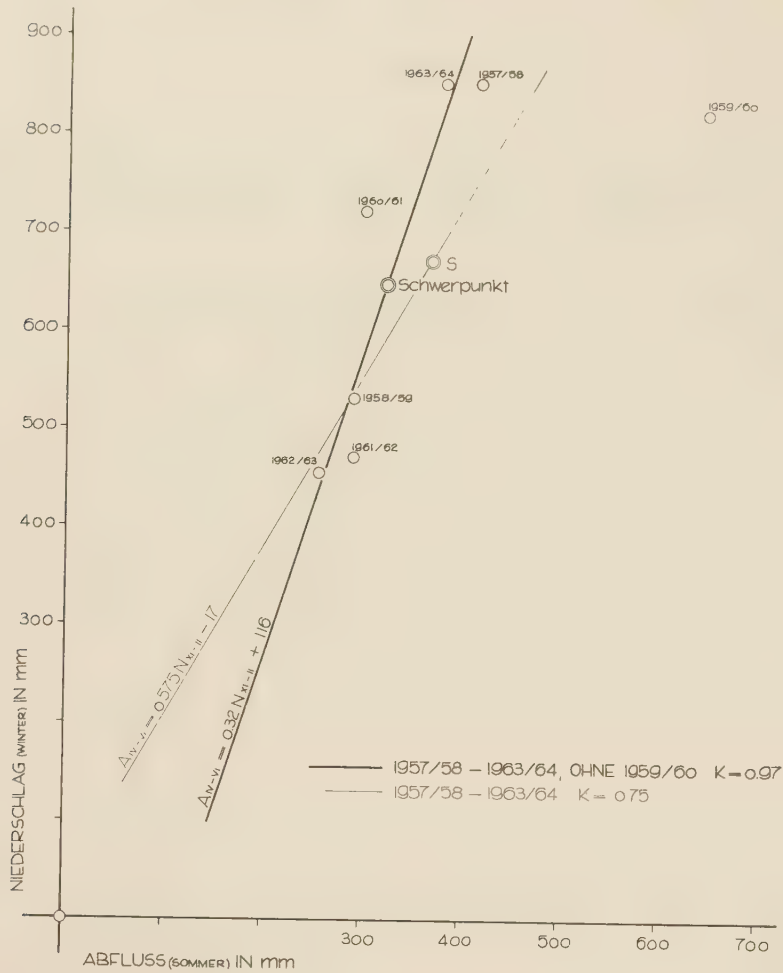
Der Korrelationskoeffizient ist mit 0,75 annehmbar. Dabei fällt wieder das Jahr 1959/60 mit seinen extrem großen Abflüssen aus der Reihe. Bei der Eliminierung dieses Jahres erhalten wir den guten Korrelationskoeffizienten von 0,97. Die Relation lautet:

$$A_{IV-VI} = 0,32 N_{XI-II} + 116$$

4.4. *Beziehungen zwischen einzelnen isolierten Niederschlägen und den dazu gehörenden Abfluß-Spitzen*

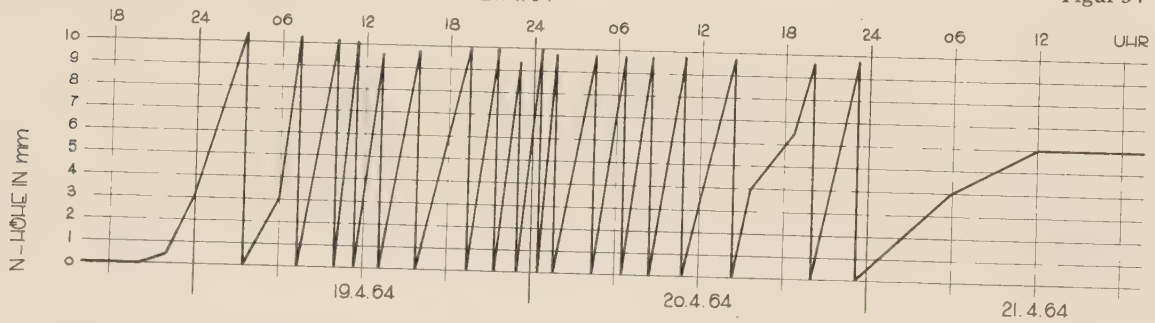
Diese Untersuchungen erfordern ein verlässliches Beobachtungsmaterial, d. h. im Untersuchungsgebiet müssen *Ombrographenstationen* und *Limnigraphenstationen* installiert sein. Für unsere Betrachtungen verwendeten wir die Ombrographenaufzeichnungen der Station der Centrale meteorologica Svizzera, Locarno-Monti, in Frasco und die Limnigraphenregistrierungen von Corippo.

Für die Station Frasco wurde aus der jährlichen Niederschlagskarte ein für das ganze Gebiet gültiger prozentualer Niederschlags-Anteil berechnet, der für die berücksichtigten Jahre 1963 und 1964 85,8%, respektive 89,5%, ausmacht. Es kamen nur isolierte, d. h. alleinstehende

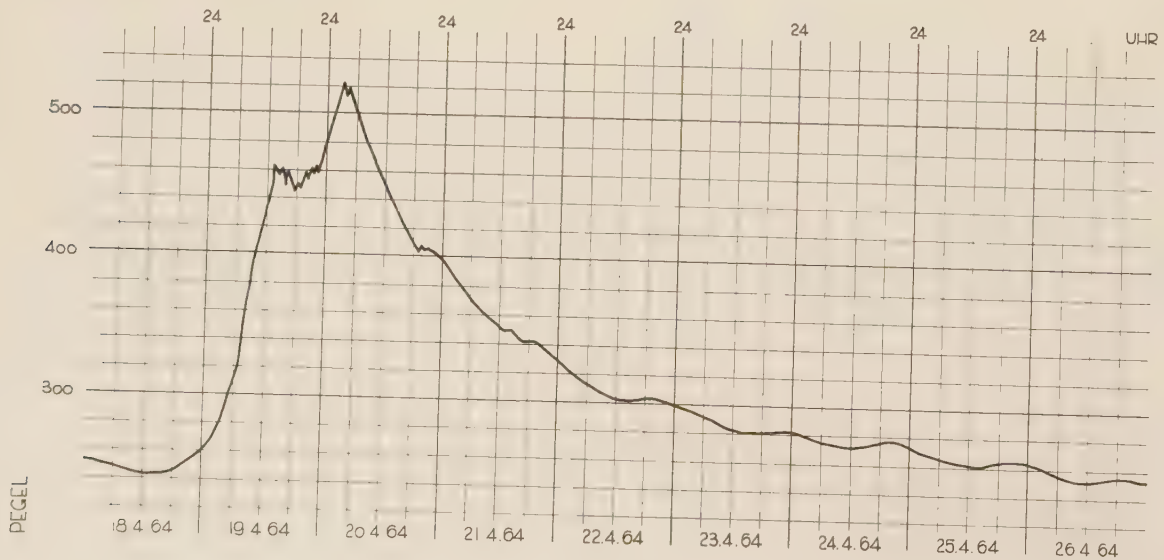


VAL VERZASCA / FRASCO
REGISTRIERUNG DES OMBROGRAPHEN AM 19./20. 4. 64

Figur 34



VAL VERZASCA / CORIPPO
REGISTRIERUNG DES LIMNIGRAPHEN: 18.-26.4.64



Niederschläge zur Auswertung; jeder vorhergehende Niederschlag liegt mindestens so weit zurück, daß abflußmäßig wieder der Normalzustand erreicht ist.

4.4.1. Niederschlag und Abfluß

Jeder isolierte Niederschlag erzeugt auch eine isolierte Abfluß-Spitze (Figuren 34 und 35). Eine Trennung der Niederschläge in zwei Gruppen drängt sich aus bereits im Kapitel 2.7.2. besprochenen Gründen auf:

- Niederschläge von über 2 Stunden Dauer = nicht gußartige Niederschläge; im allgemeinen mit einer Intensität $< 0,1$.
- Niederschläge mit einer Dauer < 2 Stunden = Guß; im allgemeinen mit einer Intensität $> 0,1$.

Die Tabellen 32 und 33 geben die errechneten Mittelwerte wieder. Sie zeigen, daß sich 2 Tage nach Ende eines isolierten Gusses, oder 4 Tage nach Ende eines Niederschlages von über 2 Stunden Dauer, der Abfluß wieder normalisiert hat. Schon 12 Stunden nach Ende eines Niederschlages sind 81,2%, respektive 60,8%, des durch ihn bewirkten Abfluß-Zuwachses aus dem Val Verzasca abgeflossen.

Tabelle 32
Verzasca: Frasco/Corippo

*Verteilungskurve für 3 isolierte,
weniger als 2 Stunden dauernde Niederschläge*

Mittlere Dauer eines Niederschlages:	1 Stunde 56 Minuten
Mittlere Niederschlags-Höhe:	14,8 mm
Mittlere Intensität:	0,127
Mittlerer Abfluß-Koeffizient:	9,8%

Die Abfluß-Anteile in Prozenten des durch einen mittleren Niederschlag bewirkten Abfluß-Zuwachses betragen:

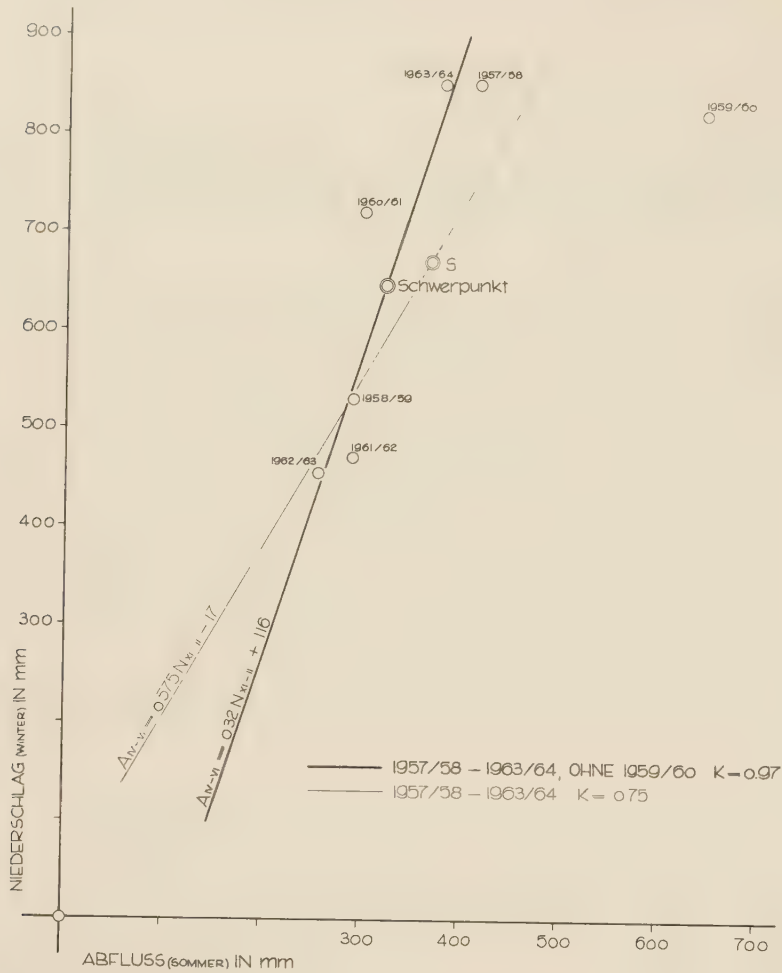
Zeit	Anteil in %	Summe
bis Ende des Niederschlages	6,3	6,3
bis 1 Stunde nach Ende des Niederschlages	6,8	13,1
bis 2 Stunden nach Ende des Niederschlages	8,5	21,6
bis 3 Stunden nach Ende des Niederschlages	11,5	33,1
bis 4 Stunden nach Ende des Niederschlages	9,3	42,4
bis 5 Stunden nach Ende des Niederschlages	7,1	49,5
bis 6 Stunden nach Ende des Niederschlages	6,6	56,1
bis 12 Stunden nach Ende des Niederschlages	25,1	81,2
bis 24 Stunden nach Ende des Niederschlages	16,4	97,6
bis 48 Stunden nach Ende des Niederschlages	2,4	100,0

Zwei Tage nach Ende eines gußartigen Niederschlages ist abflußmäßig wieder der Normalzustand erreicht.

Tabelle 33
Verzasca: Frasco/Corippo

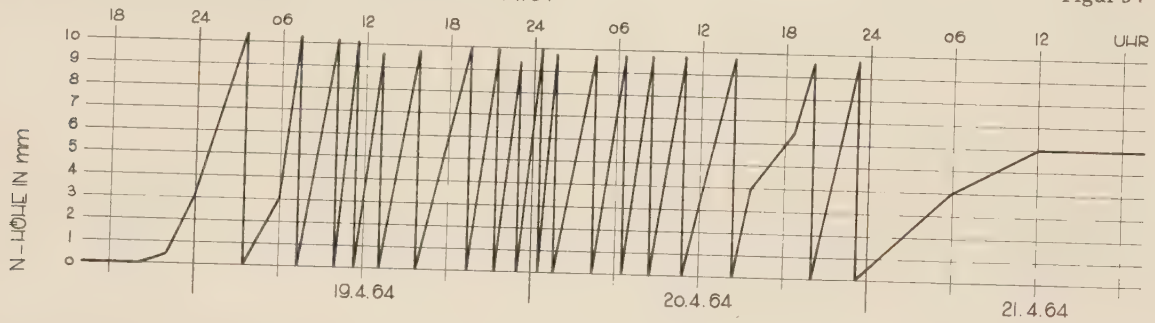
*Verteilungskurve für 6 isolierte,
über 2 Stunden dauernde Niederschläge*

Mittlere Dauer eines Niederschlages:	17 Stunden 10 Minuten
Mittlere Niederschlags-Höhe:	70,7 mm
Mittlere Intensität:	0,069
Mittlerer Abfluß-Koeffizient:	29,9%

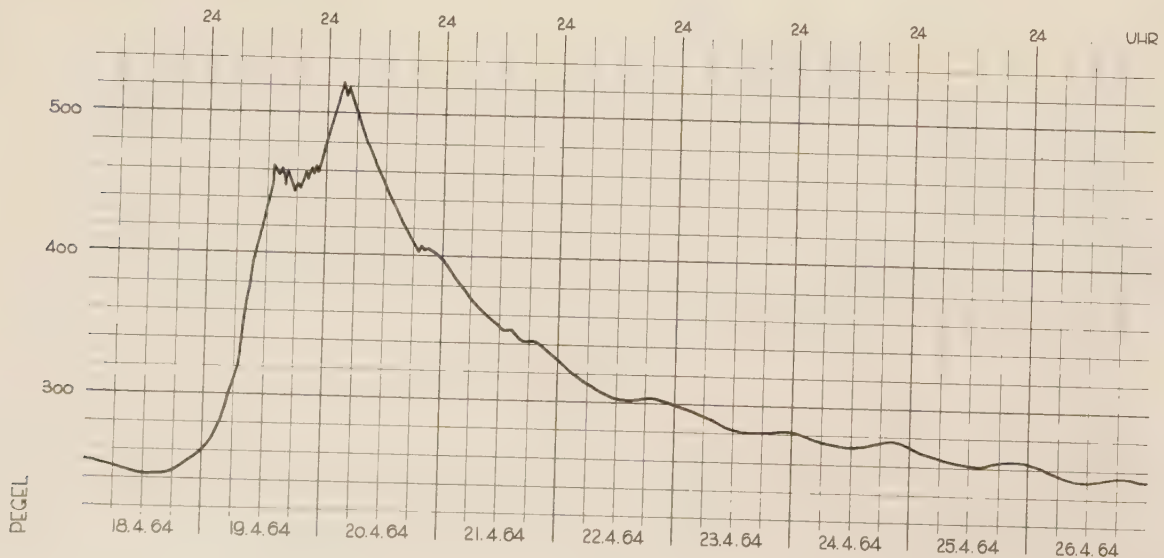


VAL VERZASCA / FRASCO
REGISTRIERUNG DES OMBROGRAPHEN AM 19./20.4.64

Figur 34



VAL VERZASCA / CORIPPO
REGISTRIERUNG DES LIMNIGRAPHEN: 18.-26.4.64



Niederschläge zur Auswertung; jeder vorhergehende Niederschlag liegt mindestens so weit zurück, daß abflußmäßig wieder der Normalzustand erreicht ist.

4.4.1. Niederschlag und Abfluß

Jeder isolierte Niederschlag erzeugt auch eine isolierte Abfluß-Spitze (Figuren 34 und 35). Eine Trennung der Niederschläge in zwei Gruppen drängt sich aus bereits im Kapitel 2.7.2. besprochenen Gründen auf:

- Niederschläge von über 2 Stunden Dauer = nicht gußartige Niederschläge; im allgemeinen mit einer Intensität $< 0,1$.
- Niederschläge mit einer Dauer < 2 Stunden = Guß; im allgemeinen mit einer Intensität $> 0,1$.

Die Tabellen 32 und 33 geben die errechneten Mittelwerte wieder. Sie zeigen, daß sich 2 Tage nach Ende eines isolierten Gusses, oder 4 Tage nach Ende eines Niederschlages von über 2 Stunden Dauer, der Abfluß wieder normalisiert hat. Schon 12 Stunden nach Ende eines Niederschlages sind 81,2%, respektive 60,8%, des durch ihn bewirkten Abfluß-Zuwachses aus dem Val Verzasca abgeflossen.

Tabelle 32
Verzasca: Frasco/Corippo

*Verteilungskurve für 3 isolierte,
weniger als 2 Stunden dauernde Niederschläge*

Mittlere Dauer eines Niederschlages:	1 Stunde 56 Minuten
Mittlere Niederschlags-Höhe:	14,8 mm
Mittlere Intensität:	0,127
Mittlerer Abfluß-Koeffizient:	9,8%

Die Abfluß-Anteile in Prozenten des durch einen mittleren Niederschlag bewirkten Abfluß-Zuwachses betragen:

Zeit	Anteil in %	Summe
bis Ende des Niederschlages	6,3	6,3
bis 1 Stunde nach Ende des Niederschlages	6,8	13,1
bis 2 Stunden nach Ende des Niederschlages	8,5	21,6
bis 3 Stunden nach Ende des Niederschlages	11,5	33,1
bis 4 Stunden nach Ende des Niederschlages	9,3	42,4
bis 5 Stunden nach Ende des Niederschlages	7,1	49,5
bis 6 Stunden nach Ende des Niederschlages	6,6	56,1
bis 12 Stunden nach Ende des Niederschlages	25,1	81,2
bis 24 Stunden nach Ende des Niederschlages	16,4	97,6
bis 48 Stunden nach Ende des Niederschlages	2,4	100,0

Zwei Tage nach Ende eines gußartigen Niederschlages ist abflußmäßig wieder der Normalzustand erreicht.

Tabelle 33
Verzasca: Frasco/Corippo

*Verteilungskurve für 6 isolierte,
über 2 Stunden dauernde Niederschläge*

Mittlere Dauer eines Niederschlages:	17 Stunden 10 Minuten
Mittlere Niederschlags-Höhe:	70,7 mm
Mittlere Intensität:	0,069
Mittlerer Abfluß-Koeffizient:	29,9%

Die Abfluß-Anteile in Prozenten des durch einen mittleren Niederschlag bewirkten Abfluß-Zuwachses betragen:

Zeit	Anteil in %	Summe
bis Ende des Niederschlages	28,0	28,0
bis 1 Stunde nach Ende des Niederschlages	4,5	32,5
bis 2 Stunden nach Ende des Niederschlages	4,0	36,5
bis 3 Stunden nach Ende des Niederschlages	3,6	40,1
bis 4 Stunden nach Ende des Niederschlages	3,3	43,4
bis 5 Stunden nach Ende des Niederschlages	2,7	46,1
bis 6 Stunden nach Ende des Niederschlages	2,6	48,7
bis 12 Stunden nach Ende des Niederschlages	12,1	60,8
bis 24 Stunden nach Ende des Niederschlages	14,4	75,2
bis 48 Stunden nach Ende des Niederschlages	14,5	89,7
bis 72 Stunden nach Ende des Niederschlages	6,7	96,4
bis 96 Stunden nach Ende des Niederschlages	3,6	100,0

Vier Tage nach Ende eines nicht gußartigen Niederschlages ist abflußmäßig wieder der Normalzustand erreicht.

4.4.2. Abhängigkeit zwischen Abfluß-Koeffizient und Sättigungsgrad des Bodens

Als Maß für den Sättigungsgrad des Bodens wurde die Abfluß-Menge ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) vor dem Eintritt der Hochwasserwelle gewählt: Trockenwetterabfluß.

Die Abfluß-Koeffizienten, die nur für Sommer-Niederschläge gültig sind, liegen zwischen 43,2% (18. 4. 64) und 13,1% (18. 8. 64). Das Mittel aus 6 Niederschlägen beträgt 29,9%. REIST (57) errechnete für die Bavona 34%. Aus unseren beiden Extremwerten geht hervor, daß die Abfluß-Koeffizienten sehr verschieden sein können. Es zeigt sich, daß die Größe des Abfluß-Koeffizienten vom Sättigungsgrad des Bodens abhängig ist. Der Korrelationskoeffizient, berechnet aus 6 isolierten Niederschlägen, beträgt 0,87; die Relation lautet:

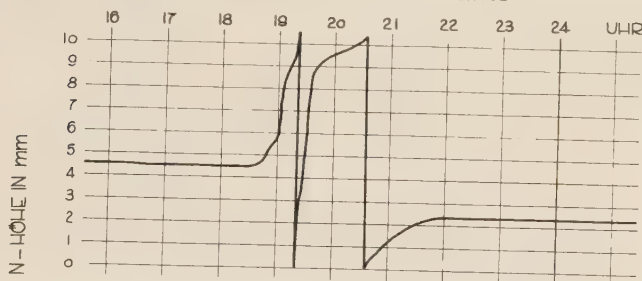
$$AK = 1,27 TA + 16,25$$

Figur 36

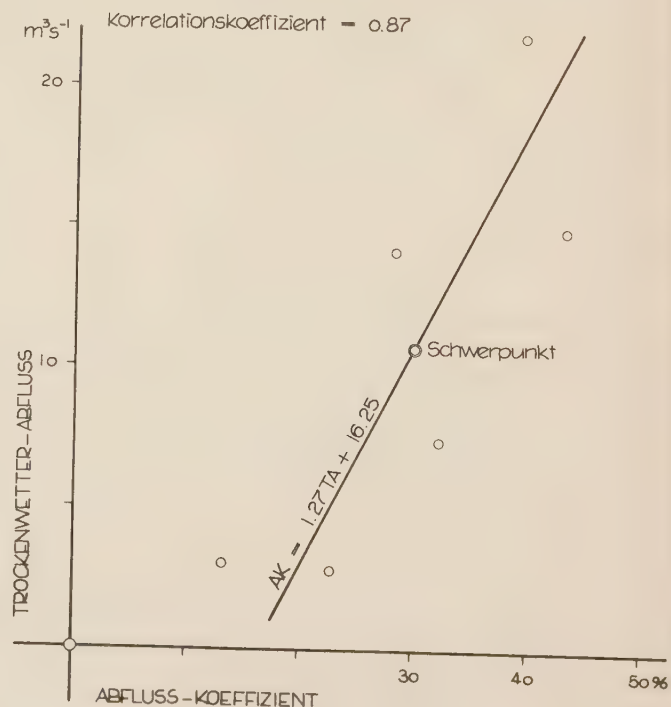
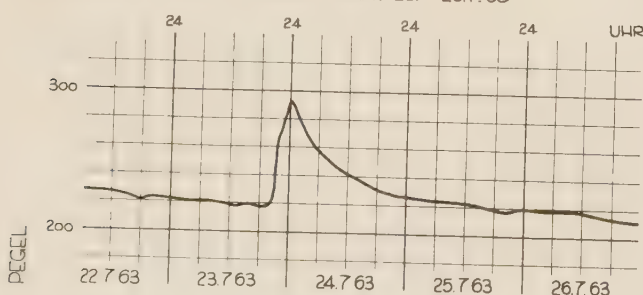
BEZIEHUNG ZWISCHEN ABFLUSSKOEFFIZIENT UND SÄTTIGUNGSZUSTAND DES BODENS

Figur 35

VAL VERZASCA / FRASCO
REGISTRIERUNG DES OMBROGRAPHEN AM 23.7.63



VAL VERZASCA / CORIPPO
REGISTRIERUNG DES LIMNIGRAPHEN: 23. - 26.7.63



wobei AK = Abfluß-Koeffizient und TA = Trockenwetterabfluß (Sättigungsgrad des Bodens); d. h., daß mit zunehmendem Sättigungsgrad auch der Abfluß-Koeffizient linear zunimmt (Figur 36).

5. Zusammenfassung der Ergebnisse

5.1. *Probleme*

Die Probleme der Niederschlagsmessungen im Gebirge bestehen nach wie vor. Ihre resultatverfälschenden Einflüsse sind größtenteils bekannt, können jedoch auch bei bester Vorsorge nicht immer ausgemerzt werden. Die Meßergebnisse des Sommerhalbjahres sind zuverlässiger als die Resultate des Winters.

5.2. *Winter-Niederschläge*

Die in den Totalisatoren gemessenen Winterniederschläge wurden durch Schneehöhenmessungen und Wasserwertbestimmungen ergänzt und korrigiert. Die Abweichungen sind in positiver wie in negativer Richtung z. T. beträchtlich.

5.3. *Niederschlags-Höhen*

Die mittlere Niederschlags-Höhe (1956/57—1963/64) im Untersuchungsgebiet beträgt 229,8 cm.

Höchster Wert: Station Bardughè, 1638 m: 266,0 cm.

Geringster Wert: Station Cabione, 1110 m: 195,0 cm.

5.4. *Niederschlags-Schwankungskoeffizient*

Der mittlere Schwankungskoeffizient zwischen den jährlichen Maxima und Minima beträgt 1,7.

5.5. *Abfluß-Höhen*

Die mittlere Abfluß-Höhe (1929—1964) im Untersuchungsgebiet beträgt 191,2 cm.

5.6. *Abfluß-Schwankungskoeffizient*

Der Schwankungskoeffizient für die 35jährige Periode beträgt 3,57.

5.7. *Jährliche Verteilung des Abflusses*

Mit einem Maximum im Mai/Juni und einem Minimum im Januar/Februar entspricht das Abflußgeschehen dem Schneetypus. Die Nebenflüsse zeigen den gleichen Typus.

5.8. *Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der Hochwasserwellen*

Eine Beziehung zwischen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit und der Abfluß-Menge ist vorhanden. Die gemessenen Geschwindigkeiten liegen zwischen 2 und 10 km h⁻¹.

5.9. *Abhängigkeit: Niederschlag/Abfluß*

Mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,97 ist die Beziehung zwischen dem Jahres-Niederschlag und dem -Abfluß sehr eng.

5.10. *Abflußkoeffizient*

Der jährliche Abflußkoeffizient für die Untersuchungsperiode (1956/57—1963/64) beträgt 83,3%.

5.11. *Winterniederschlag und Sommerabfluß*

Die Winterniederschläge (November—Februar) erscheinen als Sommerabflüsse in den Monaten April—Juni. Korrelationskoeffizient 0,97.

5.12. *Einzelniederschläge und Hochwasserspitzen*

Der Abflußkoeffizient für isolierte Niederschläge beträgt 29,9%. Mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,87 ist die Abhängigkeit des Abflußkoeffizienten vom Sättigungsgrad des Bodens (Trockenwetterabfluß) groß.

Literaturverzeichnis

1. ALTMANN H. J. (1957/58), Bergstürze und Rutschungen in den Lüschantälern, Jahresbericht der Geographischen Gesellschaft von Bern, Band XLIV.
2. AMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1956 ff.), Hydrographisches Jahrbuch der Schweiz.
3. ANNAHEIM H. (1942), Zur Geomorphologie des Tessins, Verhandlungen der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft, Sitten.
4. ANNAHEIM H. (1946), Studien zur Geomorphogenese der Südalpen zwischen St. Gotthard und Alpenrand, Geographica Helvetica I.
5. ARGAND E. (1934), La zone penninique, Geologischer Führer der Schweiz, Fasc. III, Basel.
6. BAER O. (1957), Gesteinsklüfte und Rundhöcker, Geographica Helvetica XII.
7. BEARTH P. (1946), Geologische Beobachtungen im Grenzgebiet der lepontinischen und penninischen Alpen, Eclogae Geologicae Helveticae, Vol. 49/2.
8. BECK P. (1921), Grundzüge der Talbildung im Berner Oberland. Eclogae Geologicae Helveticae XVI/2.
9. BECK P. (1926), Eine Karte der letzten Vergletscherung der Schweizer Apen, Mitteilungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Thun, Nr. 1.
10. BECK P. (1933), Ueber das schweizerische und europäische Pliozän und Pleistozän, Eclogae Geologicae Helveticae, Vol. 26.
11. BINGGELI V. (1961), Zur Morphologie und Hydrologie der Valle del Lucomagno, Beiträge zur Geologie der Schweiz — Geotechnische Serie — Hydrologie — 12. Lieferung.
12. BOESCH H. (1951), Beiträge zur Kenntnis der Blockströme, Die Alpen Jg. XXVII.
13. BOSSARD L. (1934), siehe NIGGLI P. (1934).
14. BUCHMANN H. (1944), Die Maggia-Querzone und ihre geologisch-petrologischen Probleme, Schweizer Geograph.
15. BUCHMANN H. (1953), Geologie und Petrographie des oberen Maggiales zwischen Fusio und Broglio im NW-Tessin, Diss. Basel.
16. BURGER H. (1955), Der Wasserhaushalt im Valle di Melera, Mitteilungen der Schweiz. Zentralanstalt für das forstliche Versuchswesen, Zürich.
17. CADISCH J. (1942/43), Die Entstehung der Alpen im Lichte der neueren Forschung, Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Basel, Band LIV.
18. CADISCH J. (1953), Geologie der Schweizeralpen, Basel, 2. Auflage.
19. CANALE A. (1957), Geomorphologie der Valle Onsernone, Diss. Bern.
20. ECKARDT P. M. (1957), Zur Talgeschichte des Tavetsch, seine Bruchsysteme und jungquartären Verwerfungen, Diss. Zürich.
21. FRÜH J. (1930—38), Geographie der Schweiz, St. Gallen, 3 Bände.
22. GAMS H. (1923), Die Waldklima der Schweizer Alpen, Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Basel, Band 35.
23. GERBER E. (1959), Form und Bildung alpiner Talböden, Geographica Helvetica XIV.
24. GHEZZI C. und GYGAX F. (1953), Die hydrologischen Verhältnisse am Alpensüdhang, Wasser- und Energiewirtschaft, Sonderheft Ticino, LXV/4—6, Zürich.
25. GRUNOW J. (1956), Probleme der Niederschlagserfassung und ihre Bedeutung für die Wirtschaft, Meteorologische Rundschau.
26. GRÜTTER O. (1934), siehe NIGGLI P. (1934).
27. GSCHWEND M. (1946), Das Val Verzasca (Tessin), seine Bevölkerung, Wirtschaft und Siedlung, Diss. Basel.
28. GUTERSON H. (1930), Flußdichte, Untersuchungen im Napf, Verzasca, Prigel, Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich.
29. GÜNTHER A. (1954), Beiträge zur Petrographie und Geologie des Maggialappens, Diss. Basel.
30. GÜNTHER A. (1956), Ueber den Zusammenhang der Antigorio- und Monte Leone-Decke im Tessin, Eclogae Geologicae Helveticae, Vol 49/1.
31. GYGAX F. (1934/35), Beitrag zur Morphologie der Valle Verzasca, Schweizer Geograph Jg. 11, 12.
32. GYGAX F. (1948), Niederschlag und Abfluß im Einzugsgebiet der Magliasina, Beiträge zur Geologie der Schweiz — Geotechnische Serie — Hydrologie — 4. Lieferung.
33. GYGAX F. und GHEZZI C. (1953), siehe GHEZZI C. (1953).
34. HEIM A. (1919—22), Geologie der Schweiz, Leipzig.

35. HIRSBRUNNER G. (1958), Beiträge zur Morphologie und Hydrologie der Rovana-täler, Beiträge zur Geo-logie der Schweiz — Geotechnische Serie — Hydrologie — 11. Lieferung.
36. HOECK E. und THAMS J. C. (1951), Zum Problem der Niederschlagsmessung, *Geofisica pura e applicata*, Vol. XIX, Milano.
37. JÄCKLI H. (1952), Geologische Voraussetzungen für das Wandern von Gefällsstufen, *Geographica Hel-vetica* VII.
38. JÄCKLI H. (1957), Gegenwartsgeologie des bündnerischen Rheingebietes, Beiträge zur Geologie der Schweiz — Geotechnische Serie — Lieferung 36, Zürich.
39. JÄGER E. (1961), Rb-Sr-Alter an Gesteinsglimmern der Schweizer Alpen, zusammen mit GEISS, NIGGLI, STRECKEISEN, WENK und WÜTHRICH, *Schweiz. Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, Band 41.
40. KÜNDIG E. (1934), siehe NIGGLI P. (1934).
41. KÜNDIG E. (1946), Morphologie, Tektonik und Petrographie; Ergänzungen und Bemerkungen zu: Morpho-logie der Valle Verzasca von F. GYGAX, *Schweizer Geograph.*
42. LARSSON I. (1954), Structure and Landscape in western Blekinge, Southeast Sweden, *Lund Studies in Geography, Ser. A. Physical Geography*, Nr. 7.
43. LAUTENSACH H. (1912), Die Uebertiefung des Tessingebietes, *Pencks Geographische Abhandlungen* N. F. Heft 1, Berlin/Leipzig.
44. LAUTENSACH H. (1914), Die Seebecken der Tessineralpen, *Zeitschrift für Gletscherkunde*, Band IX.
45. LÜTSCHG O. (1944), Zum Wasserhaushalt des schweizerischen Hochgebirges, Beiträge zur Geologie der Schweiz — Geotechnische Serie — Hydrologie — 4. Lieferung, 1. Band.
46. LÜTSCHG O. (1945), Die Zusammenhänge zwischen Niederschlag und Abfluß im Lichte der geologischen Forschung, *Eclogae Geologicae Helveticae*, Vol. 38.
47. MESSERLI B. (1965), Beiträge zur Geomorphologie der Sierra Nevada (Andalusien), Diss. Bern.
48. MÖLLER L. (1948), Bemerkungen zur Hydrographie der Gewässer, *Erdkunde* Band II, Lieferung 4—6, Bonn.
49. MZA Schweizerische, *Annalen*.
50. NEHER J. (1939), Schneeuntersuchungen im Gelände, Beiträge zur Geologie der Schweiz — Geotechnische Serie — Hydrologie — 3. Lieferung: Der Schnee und seine Metamorphose.
51. NIGGLI P., PREISWERK H., GRÜTTER O., BOSSARD L. und KÜNDIG E. (1934), Geologische Beschrei-bung der Tessineralpen zwischen Maggia- und Bleniotal, Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz N. F., 71. Lieferung, Bern
52. PREISWERK H. (1934), siehe NIGGLI P. (1934).
53. PREISWERK H. und REINHARD M. (1934), Geologische Uebersicht über das Tessin, *Geologischer Führer der Schweiz*, Fasc. III, Basel.
54. PTT (1951), Schweizerische Alpenposten: Locarno und seine Täler, Eidg. Postverwaltung ,Bern.
55. de QUERVAIN M. und ZINGG TH. (1951), Die außergewöhnlichen Schneefälle vom Januar und Februar 1951 in den Schweizeralpen und ihre Folgen, Wasser- und Energiewirtschaft, Jg. 43.
56. REINHARD M. und PREISWERK H. (1934), siehe PREISWERK H. (1934).
57. REIST M. (1958), Beiträge zur Morphologie und Hydrologie des Bavonatales, Beiträge zur Geologie der Schweiz — Geotechnische Serie — Hydrologie — 11. Lieferung.
58. RIMA A. (1964), *Problematica per uno studio morfometrico dei deflussi*, *Acqua industriale* n. 31, maggio-giugno, Milano.
59. RIMA A. (1964), Legge dell'intensità della pioggia per la regione di Bellinzona, *Rivista Tecnica della sviz-zera italiana*, Nr. 7, Bellinzona.
60. RIMA A. (1964), Analisi dei livelli del lago Maggiore al limnigrafo di Locarno (1927—1963), *Dipartimento delle opere sociali, sezione protezione acque e aria*, Bellinzona.
61. RIMA A. (1963), Betrachtungen über die Periodizität der Abflüsse mit besonderer Rücksicht auf die jäh-rlichen Serien der monatlichen Mittel des Tessinflusses in Bellinzona, *Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft, Sitten*.
62. SAC (1931), Clubführer der Tessineralpen und SAC (1954), Ein Beitrag zum SAC-Clubführer von KÖNIG M., Die Verzasca-Gruppe, Sonderabdruck aus «Die Alpen».
63. SCHÜEP M. (1950), Wolken, Wind und Wetter, Büchergilde Gutenberg, Zürich.
64. SEIFFERT R. (1960), Zur Geomorphologie des Calancatales, *Basler Beiträge zur Geographie und Ethnologie*, Heft 1.
65. SONDER R. A. (1938), Die Lineamenttektonik und ihre Probleme, *Eclogae Geologicae Helveticae*, Vol. 31.

66. STAUB R. (1934), Grundzüge und Probleme alpiner Morphologie, Denkschrift der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft, Band LXIX, Abh. 1, Zürich.
67. THAMS J. C. (1952), Die Hochwasser vom August und November 1951 am Alpensüdfuß der Schweiz, Wasser- und Energiewirtschaft, Jg. 44.
68. THAMS J. C. und HOECK E. (1951), siehe HOECK E. (1951).
69. TOLLNER H. (1952), Wetter und Klima im Gebiet des Großglockners, Mitteilungen Natw. Ver. Kärnten, 14. Sonderheft, Klagenfurt.
70. UTTINGER H. (1945), Die Niederschlagsverhältnisse der Südschweiz (Tessin-Misox) 1901—1940, Annalen der Schweiz. MZA, Jg. 82.
71. WENK E. (1943), Ergebnisse und Probleme von Gefügeuntersuchungen im Verzascatal (Tessin), Schweiz. Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, Band XXIII, Heft 1.
72. WENK E. (1953), Prinzipielles zur geologisch-tektonischen Gliederung des Penninikums im zentralen Tessin, Eclogae Geologicae Helveticae, Vol. 46.
73. WENK E. (1955), Eine Strukturkarte der Tessiner Alpen, Schweiz. Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, Band 35.
74. WENK E. (1963), Zur Mineralchemie von Biotit in den Tessiner Alpen, zusammen mit SCHWANDER, HUNZIKER und STERN, Schweiz. Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, Band 43.
75. WITSCHI R. (1956), Morphologie und Hydrologie der oberen Blenio-Täler, Diss. Bern.
76. WUNDT W. (1953), Gewässerkunde, Berlin/Göttingen/Heidelberg.
77. ZELLER J. G. (1964), Morphologische Untersuchungen in den östlichen Seitentälern des Val Blenio, Beiträge zur Geologie der Schweiz — Geotechnische Serie — Hydrologie — 13. Lieferung.
78. ZINGG TH. und de QUERVAIN M. (1951), Die außergewöhnlichen Schneefälle vom Januar und Februar 1951 in den Schweizer Alpen und ihre Folgen, Wasser- und Energiewirtschaft, Jg. 43.
79. ZINGG TH. (1954), Niederschlagsmessungen im Hochgebirge, Wetter und Leben, Jg. 6, Heft 10—12.

Unveröffentlicht:

80. DAL VESCO E. (1955), Rapporto tecnico-geologico, Forze idriche della Val Verzasca, impianto di Tenero, Locarno.

KARTEN

- Topographische: Landeskarte der Schweiz: 1 : 25 000, Blatt 1312 Locarno, Blatt 1313 Bellinzona; 1 : 50 000, Blatt 266 V. Leventina, Blatt 276 V. Verzasca.
- Geologische: PREISWERK, BOSSARD, GRÜTTER, NIGGLI, KÜNDIG, AMBÜHL (1934), Geologische Karte der Tessiner Alpen, Spezialkarte 1 : 50 000.
- Geologische Generalkarte der Schweiz, Blatt 7, Ticino, 1 : 200 000, Bern 1955.

Curriculum vitæ

Ich wurde am 3. Oktober 1930 in Derendingen SO geboren. In Bern besuchte ich die Primar- und Sekundarschule und anschließend das Lehrerseminar Hofwil-Bern.

Von 1951 bis 1954 unterrichtete ich an der Primarschule Dürrenroth.

Im Frühling 1954 nahm ich das Studium an der Lehramtsschule der Universität Bern auf. Im Frühjahr 1957 bestand ich das Sekundarlehrerexamen mathematisch-naturwissenschaftlicher Richtung.

Von 1956 bis 1964 war ich zuerst am Progymnasium Thun und später an der Sekundarschule Hilterfingen-Oberhofen tätig.

Seit 1964 unterrichte ich am Lehrerseminar Hofwil-Bern Geographie und Biologie.

Neben der Schularbeit führte ich meine Studien an der Universität in den Fächern Geographie (Hauptfach: Prof. Gygax, Grosjean, PD Staub), Geologie (Prof. Cadisch, Nabholz, Rutsch) sowie Zoologie (Prof. Lehmann, Rosin, Lüscher, Weber) weiter. In den Ferien besorgte ich die Feldarbeiten für die Niederschlagsmessungen und die Aufnahmen für den morphologischen Teil der vorliegenden Dissertation.

